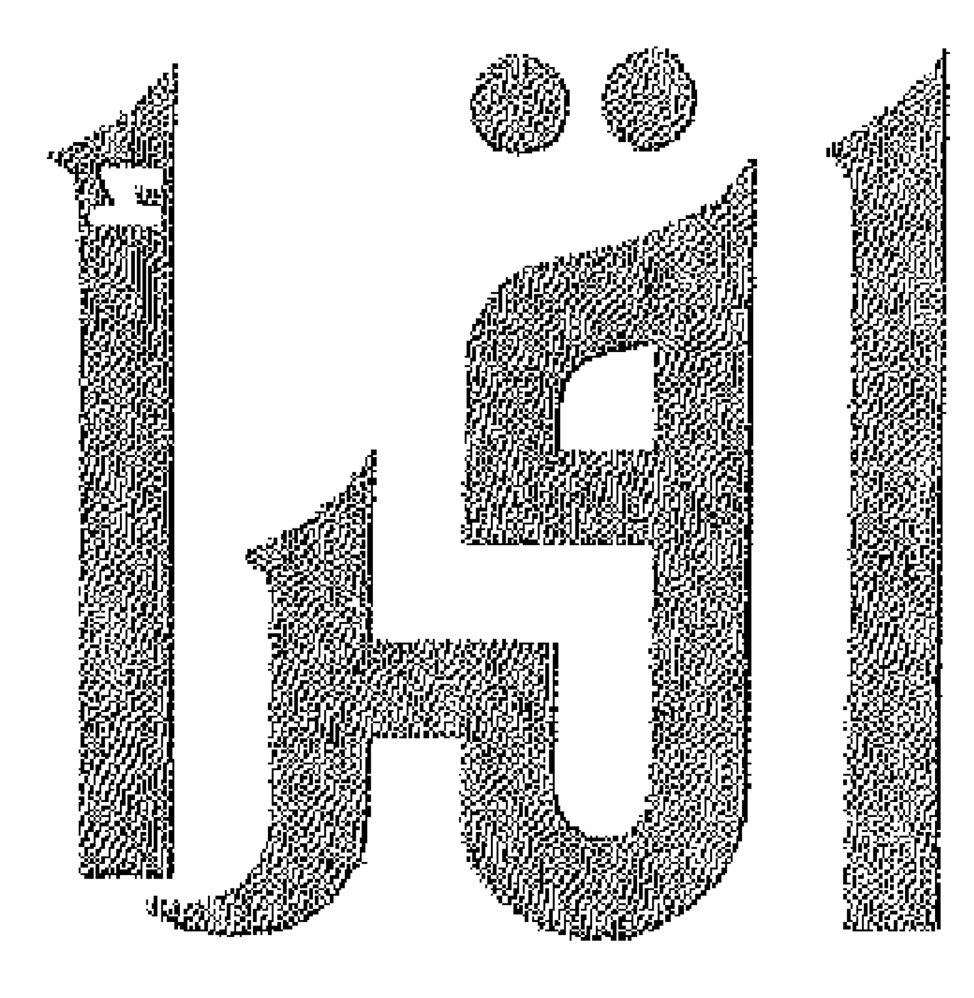
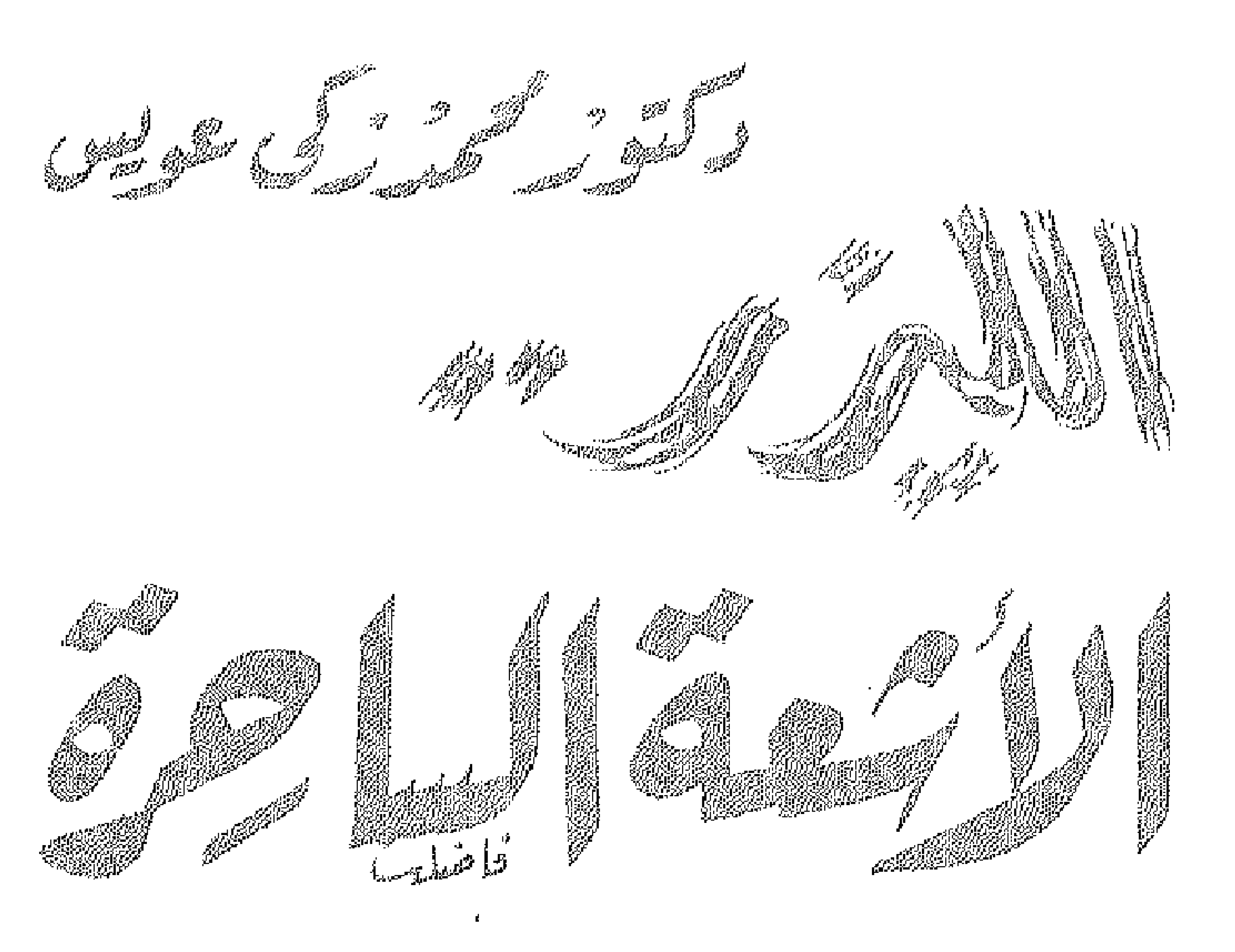




سلسلة ثقافية شهرية
تصدر عن دار المعارف

اقرأ

سلسلة ثقافية شهرية
تصدر عن دار المعارف

[٦٠٨]

رئيس التحرير: رجب البنا

تصميم الغلاف : منال بدران

دكتور محمد زكي عويس

الليزر

الأشعة الساحرة



دار المعارف

إن الذين عنوا بإنشاء هذه السلسلة ونشرها ، لم يفكروا إلا فى شىء واحد ، هو نشر الثقافة من حيث هى ثقافة ، لا يريدون إلا أن يقرأ أبناء الشعوب العربية . وأن ينتفعوا ، وأن تدعوهم هذه القراءة إلى الاستزادة من الثقافة ، والطموح إلى حياة عقلية أرقى وأخصب من الحياة العقلية التى نحياها .

طه حسين

الناشر : دار المعارف - ١١١٩ كورنيش النيل - القاهرة ج . م . ع .

مقدّمة

نحو استراتيجية عربية لتطوير تكنولوجيا الليزر

يُعَدُّ الليزر من أهم الإنجازات العلمية التي اكتشفت فيالنصف الثاني من القرن العشرين ، ويستخدم الليزر الآن كسلاح في التحرير والتعمير ، حيث أُصبح حقيقة واقعة في العديد من التطبيقات لشتى المجالات : الطبية والزراعية والصناعية والعلوم العسكرية ، وفي مجال الاتصالات وتخزين المعلومات ، وأيضًا في مجال تطوير العلوم الأساسية في تخصص الفيزياء والبيولوجيا والطاقة إلى آخره .

لذلك نرى العلماء والخبراء في العالم المتقدم قد اتجهوا إلى تسخير المميزات الفريدة لهذه الأشعة الضوئية في معالجة القضايا الفنية للعديد من المشاكل التي لا يمكن التغلب عليها بدون الليزر ، خاصة في مجال الخدمات والإنتاج .

ومع التوسع في تطوير التكنولوجيا في المجالات التي سبق ذكرها ، فإن المنافسة العالمية تزداد للحصول على انتشار تكنولوجي أكبر ، وتشتد المنافسة في مجال التقنيات العالية بين الدول المتقدمة ، لأن الرهان ليس فقط على الناحية الاقتصادية ، ولكنه أيضًا سياسي

واستراتيجى ، ومن سيسطر على مفاتيح التقنيات العالية ، فإنه سيسيطر بالقطع على أى مجال آخر .

وعلى ذلك تندفع الأمم فى عصر الثورة التكنولوجية ، لتحافظ على سرعة سيرها فى هذا السباق العالمى ، للحصول على التقنية العالية ، فنجد على سبيل المثال : أن الدول المتقدمة فى هذا المجال تدعم قطاع صناعة التكنولوجيا الداخلى بها بخطط عريضة مختلفة ، وبالتالى فإن ثورة التكنولوجيا أصبحت حقيقة ، وتتحرك بسرعة ، وتعترف بذلك كل بلاد العالم ، وعليه فإنها تحاول محمومة التسلق على عربة التقنية قبل فوات الأوان .

والآن أصبح من الضرورى اللحاق بعجلة التطور التكنولوجى ، لخدمة برامج التنمية فى عالمنا العربى ، ومن المعروف أنه فى العقدين السابقين برزت بعض الجهود فى العديد من الدول العربية ، تهدف إلى اللحاق بركب الثورة التكنولوجية ، إلا أن سياسة التخبط العلمى أدت إلى اعتماد سياسة استيراد تلك التكنولوجيا دون الغوص فى أسرارها ، وذلك لملاءمة الحياة العصرية من ناحية ، ولضمان استمرار الإنتاج والخدمات من ناحية أخرى .

ونظرًا إلى أن العالم اليوم ، هو عالم التكتلات الاقتصادية الكبيرة ، فأوان التكتل العربى أصبح حتميًا لتأسيس البنيان العلمى المتكامل لاستيعاب وتطوير التكنولوجيا الحديثة من واقع القدرة الذاتية العربية ، وطبقًا للاحتياجات الفعلية للمجتمع العربى ، مما يؤدى إلى إفراز كوادر

فنية وعلمية ، تستطيع تحديد الأولويات الخاصة للاستخدام الأمثل لهذه التكنولوجيا ، خاصة فى مجال الليزر والكمبيوتر والمواد المتجددة والهندسة الوارثية ، وصناعة الألياف البصرية والمواد فائقة التوصيل والخلايا الشمسية .

وبعد أن اتضح أن حجم الاستثمارات فى استيزاد معدات الليزر ، والأجهزة الأخرى التى تعتمد على الليزر فى التشغيل فى الدول العربية أصبح هائلا وانطلاقًا من الإيمان بالقدرات العلمية المتوافرة فى الدول العربية ، التى يمكن أن تنطلق بثقة للتغلب على الأخطاء العلمية فى « نقل التكنولوجيا » ، أو على الأصح اجتيازها ، لتحقيق أهداف التنمية للمجتمع العربى الذى يكفل الاكتفاء والرخاء ، خاصة فى مجال الإنتاج والخدمات ، والذى يتعذر تحقيقه إذا اكتفينا بالوسائل التقليدية .

وإننى هنا أطرح الخطوط العامة لاستراتيجية تطوير تكنولوجيا الليزر فى العالم العربى ، ونجاح هذه الاستراتيجية يعتمد أساسًا على التخطيط السليم وتنفيذ ما نخططه بجدية وإصرار ، فى ظل ضمانات قوية تكفل استقرار واستمرار الجهود العلمية لتحقيق هذا الغرض بعيدًا عن التيارات السياسية ، وقصر تنفيذها على ذوى الخبرة والاختصاص ، ودعمها بصلاحيات تمكنها أن تتحرر فى عملها من بعض ما هو قائم أو ما قد يقوم من قيود تعوق سيرتها ، أو تنحرف بمسارها .

وفى مجال الليزر ، دعنا فى البداية نفرق بين فريقين من العلماء :

الفريق الأول : يهتم باستخدام تقنية الليزر فى دراساته الأكاديمية دون محاولة التعرض لقضاياها وحل مشاكلها ، خاصة فى مجال الصيانة والتطوير .

والفريق الآخر : هم العلماء الذين يطلق عليهم اسم « العلماء التطبيقيين » ، وهم الذين يهتمون أساسًا بتطوير النظم الخاصة بالابتكارات الفنية للتكنولوجيا ، وهؤلاء العلماء يركزون على تقديم كل ما هو جديد فى عالم الليزر ، مثل اكتشاف المواد الجديدة المشعة لليزر ، وإدخالها فى مجال الاختبارات الفيزيائية التى تؤدى إلى تحديد الابتكارات وخصائص الأجهزة ، ومعرفة مدى الاستفادة منها فى التطبيقات المختلفة ، والتى تخدم الإنسانية بشكل مباشر ، والفريق الأخير يحتكر الجزء الأكبر من الاستثمارات المالية التى تستخدم فى صناعة التكنولوجيا وتداولها فى الأسواق ، بحيث تخضع جميع التعاملات الفنية مثل أعمال التشغيل والصيانة والإحلال ، والتى تحتاج غالبًا إلى صناعات أخرى لإنتاج قطع الغيار اللازمة ، وتدريب الكوادر الفنية ، مما يزيد من معدل الاستثمار ، وأيضًا تحقيق أهداف التنمية العلمية التكنولوجية .

والدول المتقدمة تشجع تأسيس الشركات التى يمكنها جذب العلماء الأكاديميين والتطبيقيين للمساهمة فى تحديد الأولويات الخاصة باحتياجات السوق من معدات الليزر واختصاصاتها ، والتى يؤهلها

إلى إنشاء خطوط إنتاج لهذه المعدات ، يمكنها الدخول فى المنافسة الدولية .

أما فى الدول النامية ، فيصعب بها التنسيق بين احتياجات السوق من هذه التكنولوجيا ، والقدرات العلمية الوطنية المتواضعة ، التى تفاجأ بالسيطرة الفعلية للدول المتقدمة فى هذا المجال ، وتنشأ لدى مخططى « نقل التكنولوجيا » قناعة بعدم جدوى الاستمرار فى المتابعة والتنفيذ ، وهذا بالطبع يعيق برامج التنمية لديها ، ليس فى مجال التكنولوجيا سالفة الذكر فحسب ، بل فى تحسين مواصفات الإنتاج وتقديم الخدمات - ومن هنا يجب وضع استراتيجية على المستوى العربى خاصة فى مجال الليزر ، يمكنها من حشد جهود العلماء بها للحاق بركب التقدم فى هذا المجال الهام .

وتهدف استراتيجية تطوير تكنولوجيا الليزر فى العالم العربى إلى إنشاء مركز عربى لعلوم وتكنولوجيا الليزر ، يكون هذا المركز مكملا لجميع الكيانات الإقليمية التى تعمل فى هذا المجال ، وفى مختلف القطاعات بها ، بحيث يمكن للمركز التنسيق فيما بينها لدفع عمليات التطوير طبقًا للخطط الموضوعة . وفكرة إنشاء هذا المركز العربى لليزر انبثقت من الدراسة التى تشرفتُ بأن تقدمتُ بها إلى المجلس الأعلى للجامعات فى مصر عام ١٩٨٨ تحت عنوان : « دراسة تطبيقات تكنولوجيا الليزر فى مصر مع تقييم اقتصاديات التشغيل والصيانة » .

وكان من أهم توصيات هذه الدراسة التركيز على ضرورة إنشاء

مركز قومي لتكنولوجيا الليزر فى مصر ، بهدف تكوين كوادر علمية وفنية عالية التدريب ، تكون قادرة على التعامل مع تكنولوجيا الليزر وفى جميع التخصصات ، ويجب أن يتبع المركز العربى لليزر مكاتب فنية على دراية تامة بكافة الموضوعات المتعلقة بهذه التكنولوجيا يكون لها اتصالات خارجية بمصادر إنتاج معدات الليزر فى العالم ، على أن يقوم المركز المقترح بما يلى :

○ تقدير حجم العمالة الفنية المطلوبة ومقارنة ذلك بالمتاح حاليًا ، حيث يمكن تحديد القدرات العربية الفنية التى تتعامل فى هذا المجال بهدف زيادة فعاليتها من خلال عمل برامج تدريبية مكثفة لجميع مكونات هذه التكنولوجيا .

○ حشد جهود الكوادر العلمية الأكاديمية فى العالم العربى ، وكل المهتمين بهذا المجال لتهيئة المناخ العلمى للتعاون فيما بينهم ، لخدمة أهداف التطوير فى هذا المجال .

○ وضع الضوابط لصيغ التعاقد مع الشركات الموردة لتكنولوجيا الليزر ، بحيث تتيح أفضل الفرص لاستيعابها وتطويرها واستحواذها ، وصولاً فى النهاية إلى تدعيم التكنولوجيا العربية والاعتماد عليها فى المقام الأول .

ومن أهداف الاستراتيجية أيضًا تدعيم القدرة المنظمة على استيعاب التطور الهائل والسريع في مجال تكنولوجيا الليزر ، خاصة التوسع فى

فهم أسس التقنية الفنية لجميع الأجهزة والمعدات التى تعتمد على الليزر فى تشغيلها ، ويتم ذلك بالاقتراحات الآتية :

١ – عمل بنية أساسية سليمة .

٢ – توفير نماذج من هذه الأجهزة والمعدات فى المركز العربى لليزر .

٣ – جمع كافة المعلومات الفنية عن هذه الأجهزة للوقوف على قدرات التشغيل والصيانة .

٤ – توفير قطع الغيار الأساسية عن طريق تشجيع خطوط الإنتاج العربية لتصنيعها .

٥ – تزويد كافة القطاعات المستفيدة من تكنولوجيا الليزر بالمعلومات الفنية عن أحدث التطورات لهذه الأجهزة .

٦ – إرساء سبل التعاون مع كافة الدول بغرض تدعيم مجال التطوير ، حتى نستطيع مواكبة التقدم الحضارى للأمم خاصة فى القرن الحادى والعشرين .

الفصل الأول

أشعة الليزر وخصائصها المميزة

خلال هذا القرن ، شهد العالم تحقيق العديد من الظواهر الفيزيائية ، التى غيرت من نمط الحياة المعاصرة فى شتى المجالات : الطبية والزراعية والصناعية ، وفى مجال العلوم الأساسية (الفيزياء والكيمياء والبيولوجيا) ، والعلوم العسكرية والاتصالات ونظم المعلومات ، وأيضًا فى مجال الطاقة وتلوث البيئة .

وقد أدى فهم الإنسان للتركيب الدقيق للذرة ومعرفة « النظام الميكانيكى الكمىّ » الذى يتحكم فى سلوكها ، وتوضيح حركة مكوناتها الأساسية (من الكترونات وبروتونات) إلى تفجير الطاقة النووية والذرية ، وابتكار صناعة المفاعلات ، مما كان له الفضل الكبير فى تغيير الفكر الاستراتيجى فى النواحى السلمية والعسكرية على حدٍ سواء ، وقد سميت هذه التقنية « الجيل الأول للتكنولوجيا » .

كما كان لاكتشاف الخصائص الفيزيائية لمواد اشباه الموصلات بالغ الأثر فى تطوير صناعة الالكترونيات وتأسيس الجيل الثانى للتكنولوجيا — أما الجيل الثالث للتكنولوجيا » فقد تأسس بعد توليد

أشعة الليزر المميزة ، نتيجة الربط بين الأشعة الكهرومغناطيسية والانتقالات الالكترونية بين مستويات الطاقة فى ذرات المواد المختلفة .

وقد اهتمت الدول المتقدمة بتطوير هذه التقنيات والتى تعتبر حتى الآن من الأسرار العسكرية لها ، ولذلك تحذر نشر المعلومات وتبادل الخبرات فى هذه المجالات الحيوية الهامة ، والتى تؤثر كثيرًا فى حياة الشعوب وازدهارها .

على سبيل المثال ، وعندما أصبح الليزر ، حقيقة علمية فى عام ١٩٦٠ م ، دأب الكتاب وصناع أفلام السينما على التركيز على الطاقة التدميرية ، التى قد تتميز بها الأشعة التى تصدر من جهاز الليزر ، ومنذ البداية سمى هذا الجهاز « بقاذف الأشعة » . فيما بعد ، وأطلق على هذه الأشعة اسم « أشعة الموت » ، مما جعل هذا القصور شائعًا لدى المواطن الذى لا يستطيع الحصول على الأسس العلمية المصاحبة عادة لهذه الاكتشافات والاختراعات .

وفى هذا الكتاب ، سوف نلقى الضوء على أشعة الليزر وخصائصها المميزة ، وذلك لتعظيم الاستفادة الممكنة منها وفى شتى المجالات التى تهم المواطن العربى .

ما هو الليـزر

بداية ، دعنا نتساءل عن الليزر ، ماذا يكون ؟ وكيف يستطيع المرء التفكير فى عمل جهاز ليزر ؟ .

بساطة ، الليزر هو آلة تنتج الطاقة الضوئية ، مثل تلك الأجهزة التى تنتج الطاقة الميكانيكية والكهربائية والحرارية وأيضا الكيميائية ، وتسمح هذه الآلة لمن يستخدمها بالتحكم فى شكل وكمية هذه الطاقة وتوجيهها إلى حيز محدد لأداء الغرض منها .

ولكى نفهم سويًا فكرة عمل الليزر ، دعنا نتذكر طبيعة الضوء ، فالضوء هو نوع من أنواع الأشعة الكهرومغناطيسية التى اكتشفها العالم « ماكسويل » خلال القرن الماضى ، ولكن بطول موجى معين ، هذه الأشعة هى انتقال للمجال الكهربى والمجال المغناطيسى المتولدين عن حركة شحنة محددة فى الفضاء . هذان المجالان يكونان متعامدين على مسار انتشار هذه الموجة المولدة .

ومن المعروف حاليًا ، أن الأشعة الكهرومغناطيسية تسلك سلوكية الضوء ، وبالتالى فهى تحقق ظواهر الانعكاس والانكسار الموجى ، وأيضًا التداخل والاستقطاب إلى آخره . مع العلم بأن الطيف الكهرومغناطيسى يكون غير مرئى فيما عدا المدى الطيفى للضوء بين الطول الموجى ٤٠٠٠ — ٧٠٠٠ أنجستروم . ويصنف الطيف الكهرومغناطيسى طبقًا للطول الموجى للأشعة أو ترددها ، ابتداء من « أشعة جاما » التى مصدرها نواة الذرة ، ثم يتبعها الأشعة السينية » ومنشؤها اضطرابات فى التركيب الالكترونى للذرة ، ثم الموجات فوق البنفسجية ، فحدود الضوء المرئى والأشعة تحت الحمراء ، فالموجات

الميكرومترية وبعد ذلك تتبع موجات الراديو وموجات التيار الكهربائى المتردد (انظر الشكل ١) .

واستكمالا لطبيعة الضوء ، فقد استطاع العالم أينشتين خلال هذا القرن أن يبرهن على أن انتقال الضوء لا يحتاج إلى وسط ، كما هو الحال في انتقال الموجات الصوتية . كما أنه وضع فكرة جديدة لتفسير السلوك الضوئى تبعًا للنظرية الموجية الجسيمية معًا . وقد نجح « أينشتين » فى تفسير ظاهرة الانبعاث الكهروضوئى ، الذى كان له بالغ الأثر فى الربط بين الأشعة الكهرومغناطيسية والانتقالات الالكترونية بين مستويات الطاقة فى الذرات المختلفة وقد أشار فى دراسته حول هذه الظاهرة ، إلى امكان حدوث الانتقال الالكترونية فى ذرة ما ، بثلاث طرق مختلفة هى :

١ – ضخ الالكترونات وهى فى مستوى الاستقرار (أى المستوى الأرضى) بالذرة ، بطاقة كافية لحدوث امتصاص للطاقة ، وبحيث تنتقل الالكترونات إلى مستويات طاقة متهيجة .

٢ – الانبعاث التلقائى للأشعة : ويصحب ذلك انتقال الالكترون من مستويات الطاقة المتهيجة إلى المستويات المستقرة بالذرة وبطريقة تلقائية ، دون أى تدخل من موثر خارجى .

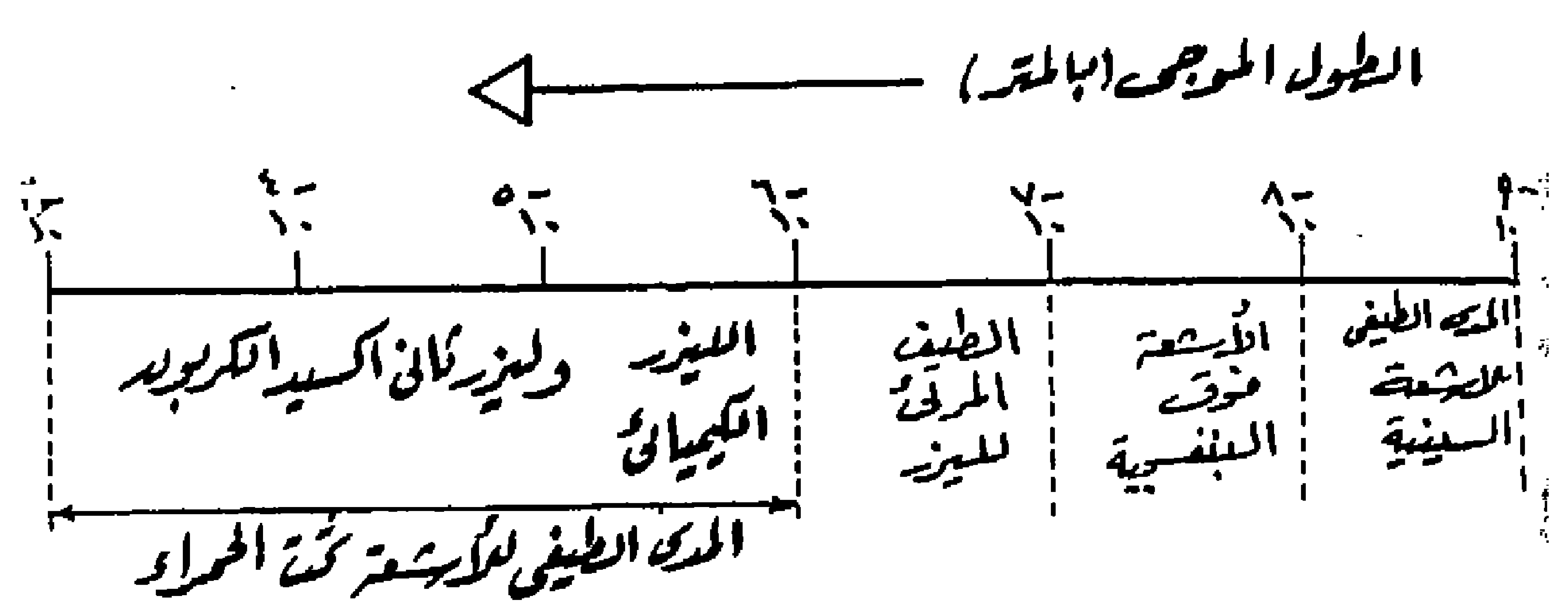
٣ – الانبعاث الحثىّ للاشعاع ؛ ويصحب ذلك ، انتقال الالكترونات من مستويات الطاقة المتهيجة إلى مستوى طاقة أقل فى الذرة ، بعد حثها على الانتقال بواسطة أشعة ضوئية حثيّة .

الطول الموجى (بالمتر)

10^{-14} 10^{-12} 10^{-10} 10^{-8} 10^{-6} 10^{-4} 10^{-2} 1 10^{2} 10^{4} 10^{6} 10^{8}

أشعة جاما | الأشعة السينية | منطقة خاصة بأطياف الليزر | موجات ميكرومترية | موجات الراديو | موجات التيار الكهربائى

(شكل ١ – أ) بيان يوضح الطيف الموجى للأشعة الكهرومغناطيسية

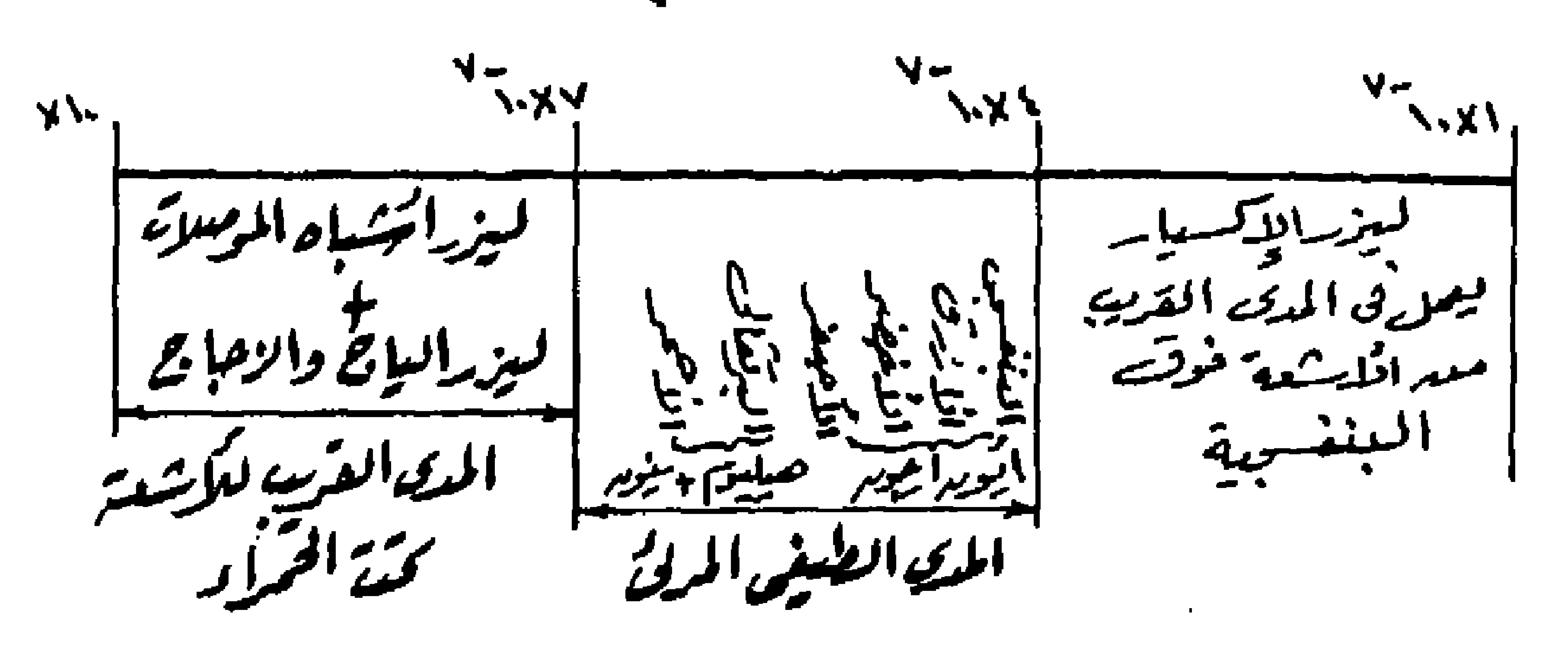


(شكل ١ – ب) يوضح الطيف الموجى لأشعة الليزر
فى المدى المرئى وغير المرئى

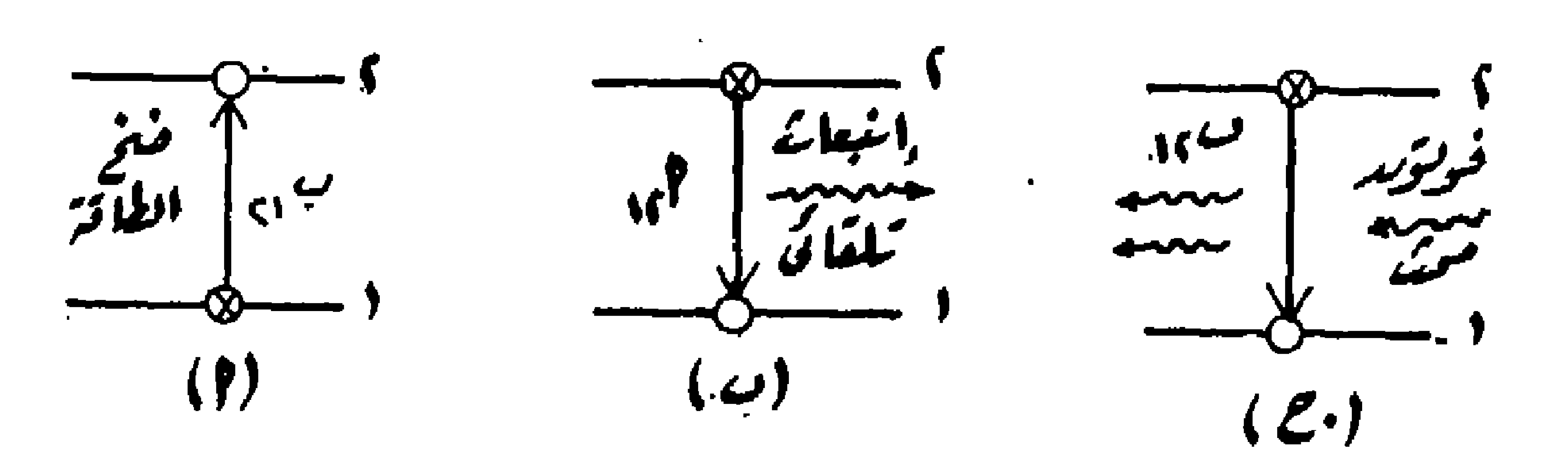
ففى عملية الانبعاث التلقائى ، تكون الطاقة الاشعاعية المنتجة مساوية لفرق الطاقة بين مستوى الطاقة المتهيج ومستوى الطاقة الأرضى بالذرة . بينما فى عملية الانبعاث الحثى ، لابد أن تكون الطاقة الاشعاعية الحثية مساوية للفرق بين مستوى الطاقة المتهيج الأعلى ومستوى الطاقة المتهيج الأسفل . (انظر الشكل ٢ لتوضيح طرق الانتقال) .

والجدير بالذكر ، أنه فى تلك الفترة ، تمكن العلماء من التحقق عمليا من الطريقتين الأولى والثانية ، بينما لم يستطيعوا مشاهدة ظاهرة الانبعاث الحثيّ للاشعاع من الذرات أو الجزيئات المتهيجة ، وذلك لأسباب عديدة ، نذكر منها ضعف شدة الكثافة للأشعة المنبعثة حثيا .

ومنذ ذلك الحين ، توالت البحوث فى هذا الشأن ، حتى تمكن العالمان الأمريكيان » تاونس وشاولو » عام ١٩٥٨ م من توليد أشعة كهرومغناطيسية حثيّة من الانتقال الحثيّ للالكترونات بين مستويات الطاقة المتهيجة لجزيئات « الأمونيا » ، وذلك فى المدى الطيفى للأشعة الميكرومترية الدقيقة . وقد وضع هذان العالمان الشرط الأساسى لتكبير (أو تضخيم) الأشعة المستحدثة من المادة ، وذلك إذا ما تحقق « الاسكان العكسى » للالكترونات فى مستويات الطاقة بالذرة (أو الجزئ) . وبهذه الطريقة أمكن « اختراع جهاز أشعة الميزر » والميزر هو اختصار للمصطلح الإنجليزى "Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation" (MASER) .



(شكل ١ - ج) يوضح أنواع الليزر والمدى الطيفى لها



(شكل ٢) يوضح الطرق المختلفة للإنتقال الالكترونى فى ذرة ذى مستويين للطاقة ١ ، ٢

ومعنى هذا المصطلح باللغة العربية « تكبير الموجات الميكرومترية بواسطة الانبعاث الحثّى للإشعاع » .

وكان هذا الاكتشاف بداية الهدير وعاصفة فى العقول والمعامل ، خاصة بعد ما تمكن العالمان الأمريكيان « ميامان وجوردن » من الحصول على أشعة كهرومغناطيسية حثية مكبرة وفى المدى المرئى للضوء وذلك باستخدام مادة الياقوت الصناعى وأيضا خليط من غازى الهيليوم والنيون . وقد سميت هذه الأشعة بالليزر وهو اختصار للمصطلح الإنجليزى "Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation" (LASER) .

ويعنى « التكبير الضوئى بواسطة الانبعاث الحثى للإشعاع » وبعيدا عن التفسيرات الفيزيائية لهذا المصطلح ، فقد تم اكتشاف مواد عديدة فى حالاتها الأربعة : البلازمية والغازية والسائلية والصلبة ، تستخدم بكفاءة عالية فى أجهزة الليزر وتعمل فى المدى المرئى والغير مرئى وبطاقة ضوئية تخدم العديد من التطبيقات .

مكونات جهاز الليزر

بعد هذا الاستعراض التاريخى لطبيعة الضوء وفكرة الانبعاث الحثى للأشعة الكهرومغناطيسية ، الذى أدى لنجاح توليد أشعة الليزر ، دعنا أيها القارئ نعاود السؤال عن مكونات جهاز الليزر : ما هى ؟ بدون

الدخول فى التعقيدات التكنولوجية ، فإن أى جهاز ليزر يتكون من أربع وحدات أساسية هى :

١ - **وعاء الليزر** : يحتوى هذا الوعاء على المادة الفعالة المستخدمة فى توليد الأشعة بين طرفى الوعاء يوجد مرآتان إحداهما معامل انعكاسها للأشعة ١٠٠٪ ، والأخرى معامل انعكاسها ٩٠٪ وذلك لتوفير شروط الحصول على معامل كسب اشعاعى كبير .

٢ - **وحدة الطاقة** : وهى توفر الطاقة اللازمة لفتح المادة الفعالة فى وعاء الليزر .

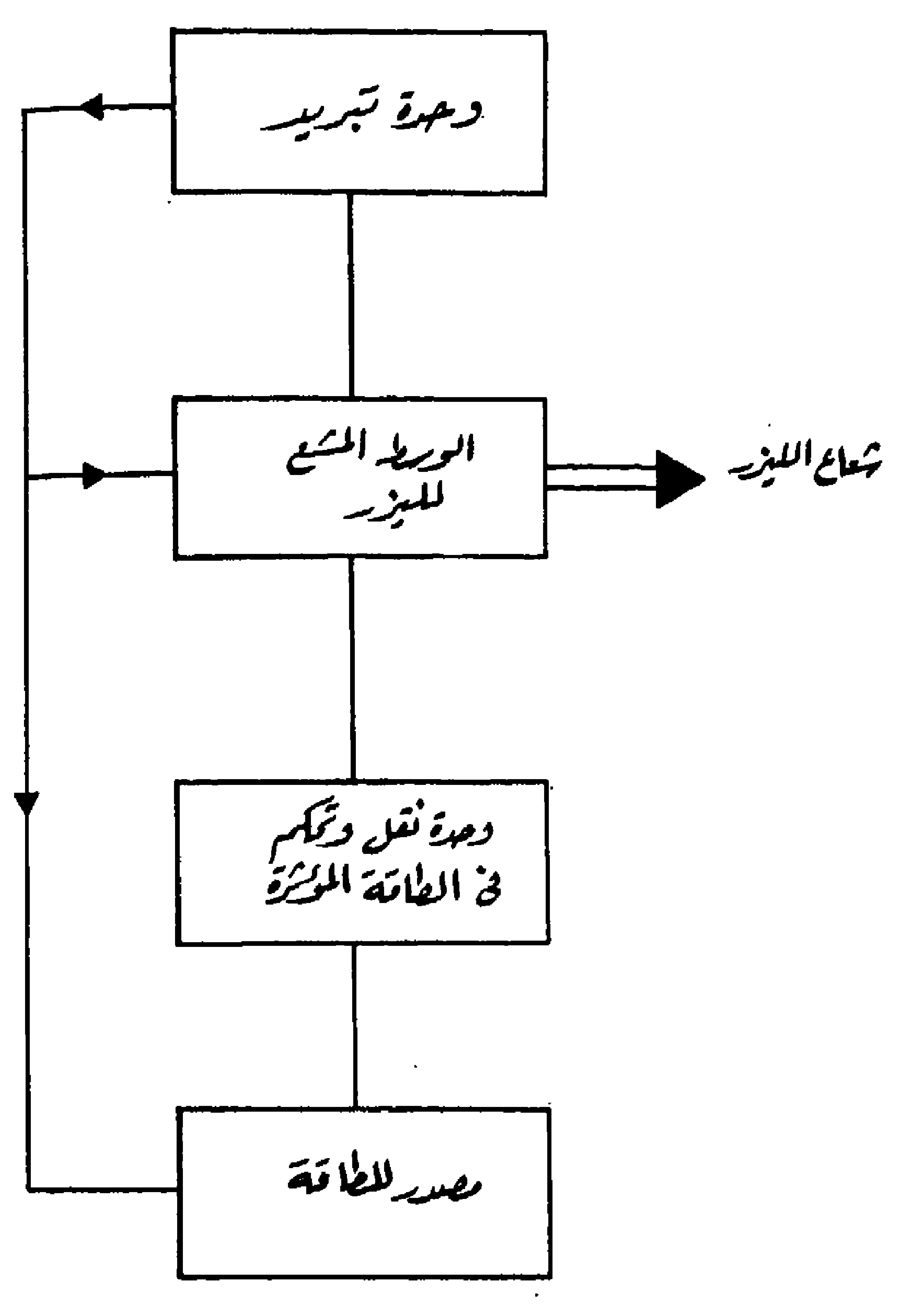
٣ - **وحدة نقل الطاقة** : وهى مسئولة عن نقل طاقة الضخ بطريقة مباشرة إلى المادة الفعالة .

٤ - **وحدة التبريد** : وهى لازمة لتبريد الجهاز من الحرارة المتولدة عند التشغيل .

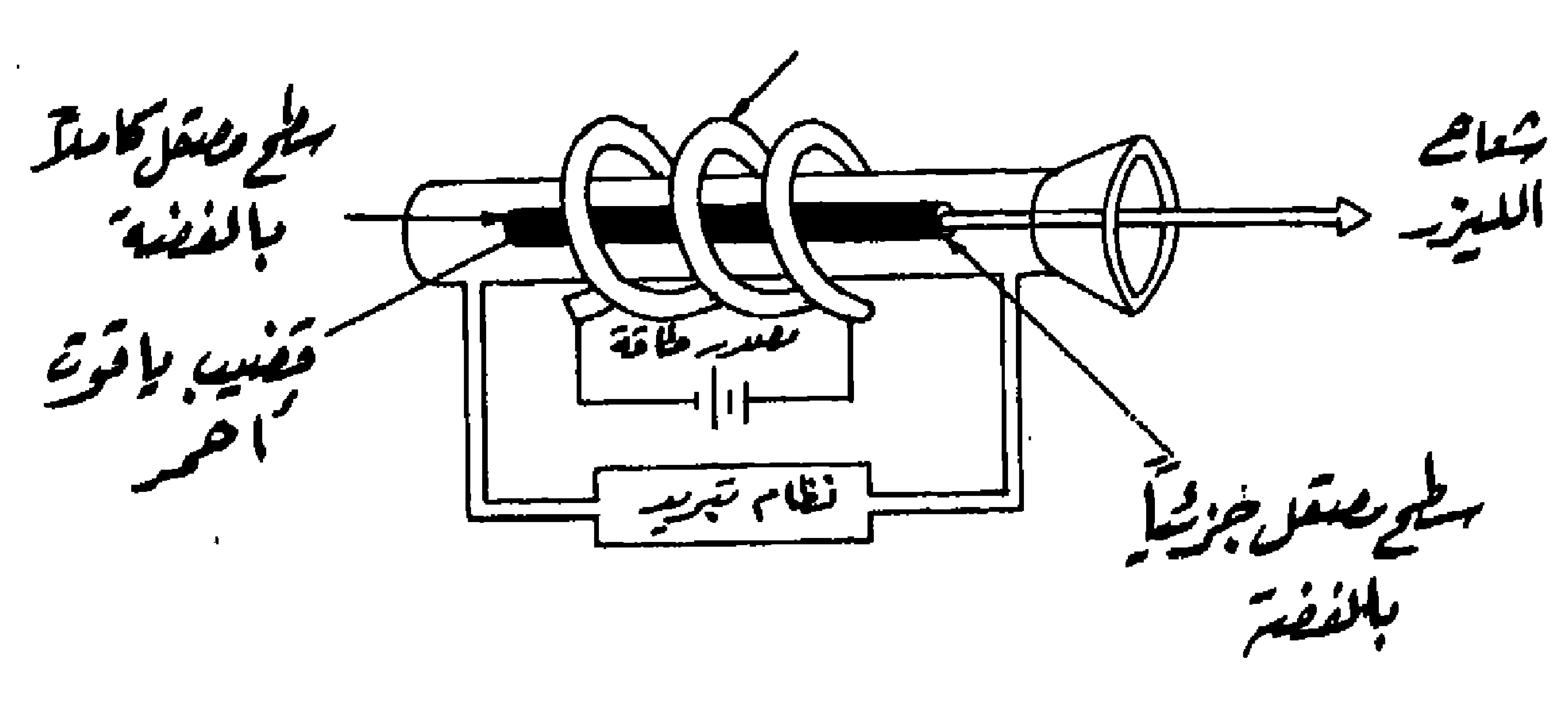
(انظر الشكل ٣) لتوضيح مكونات جهاز الليزر الأساسية .

خصائص أشعة الليزر :

بعد أن تعرفنا على فكرة الليزر وماذا يكون ؟ ولأجل أن نشعر بأهمية الضوء المميز الصادر من أجهزة الليزر ، سوف نستعرض فيما يلى الخصائص المميزة لتلك الأشعة مقارنة بأشعة الضوء العادى المنبعث حراريا أو الصادرة من الشمس :



(شكل ٣ – أ) مكونات جهاز الليزر



(شكل ٣ – ب) يوضح أول جهاز ينتج أشعة الليزر من الياقوت الأحمر بإستخدام المصباح الوميضى من تصميم العالم الأمريكى « تيودر ميامان »

(أ) الكثافة الضوئية أو شدة الاستضاءة :

الضوء الناتج من جهاز الليزر يكون مكثفا . فأشعة الليزر تصدر فى حزم ضوئية ضيقة ، وبالتالى فهى تضىء حيزا صغيرا من مكان سقوطها ، وحيث إن الكثافة الضوئية هى مقدار الطاقة الضوئية لكل وحدة مساحة ، فنلاحظ أنه بالرغم من كون شعاع الليزر ذو طاقة ضعيفة ، إلا أن المساحة التى يسقط عليها تكون صغيرة جدًّا ، وبالتالى تزداد الكثافة الضوئية . هذا بعكس الضوء التقليدى الذى تتفرق أشعته وتضىء مسافة كبيرة وتتبدد الطاقة وتصبح كثافتها الضوئية ضعيفة .

(ب) التوجيه الضوئى :

يمكن التحكم بدقة فى توجيه أشعة الليزر لتسقط على الحيز المراد استخدامها فيه ، وذلك بواسطة بعض المركبات البصرية (مثل العدسات والمرايا) . هذا بعكس الأشعة الضوئية التقليدية التى تتشتت ويسهل امتصاصها بالغازات المتواجدة فى الجو ، وبالتالى لا تنتقل إلى مسافات بعيدة .

وقد تم توجيه شعاع الليزر إلى سطح القمر لقياس المسافة بينهما بدقة وذلك عام ١٩٦٢ . ولوحظ أن هذه الأشعة لم تتفرق إلا على بعد بضع كيلو مترات من سطح القمر مع العلم بأن الشعاع قد قطع مسافة تقدر بـ ٤٠٠,٠٠٠ كيلو متر .

(جـ) أحادية الطول الموجى :

الضوء الناتج من جهاز الليزر يكون أحادى اللون ، أى أن الطول الموجى له محدد ، ويعتمد على العناصر الأساسية للمادة الفعالة المستخدمة فى الجهاز . بينما الضوء الأبيض الناتج من الشمس يتكون من ألوان الطيف المعروفة (الأحمر والبرتقالى والأصفر والأخضر والأزرق والبنفسجى) .

(د) التوافق الموجى :

تتميز أشعة الضوء الصادر من جهاز الليزر بأن موجاتها متطابقة بعضها لبعض ، ومتساوية فى السعة والطور الموجى ، هذا يعنى أن التداخل بين هذه الموجات يؤدى إلى زيادة الطاقة الموجية . هذا باختلاف أشعة الضوء التقليدية ، حيث موجاتها تكون مختلفة فى الطور ولكل منها طول موجى مختلف .

ويمكن تشبيه الليزر بالبندقية الآلية متعددة الطلقات ، بينما يشبه المصباح التقليدى بالمسدس وحيد الطلقة .

ويعتمد شكل خرج أشعة الليزر على تصميم جهاز الليزر وعلى طبيعة العمل المطلوب إنجازه . وقد يكون شكل الخرج كالآتى :

١ - موجات مستمرة Continuous Waves

٢ - نبضة ضوئية قصيرة منفردة Single Short Pulse

٣ – نبضة ضوئية مطولة long Pulse

٤ – رتل نبضى Burst Pulsing

فهذه الخصائص المميزة لأشعة الليزر، جعلت خدمات وتطبيقات الليزر تزداد يومًا بعد يوم وفى شتى مجالات الحياة .

الفصل الثانى

أشعة الليزر
ومعجزاتها العلمية

فى أوائل الستينات ، نجح علماء الفيزياء فى البلدان المتقدمة فى تفسير عمليات الانتقال الإلكترونى بين مستويات الطاقة فى الذرات ، وبواسطتها أمكن توليد أشعة ضوئية سميت « بأشعة الليزر » .

وفى هذا العصر أصبحت أشعة الليزر حقيقة واقعة للعديد من التطبيقات ولشتى المجالات : الطبية والصناعية والزراعية والعلوم العسكرية ، وفى مجال الاتصالات وتخزين المعلومات ، وأيضًا فى مجال تطوير العلوم الأساسية : فيزياء وكيمياء وبيولوجيا ، وفى علوم الطاقة إلى آخره .

لذلك نرى العلماء والخبراء فى العالم المتقدم ، اتجهوا إلى تسخير المميزات الفريدة لهذه الأشعة الضوئية ، فى معالجة القضايا الفنية للعديد من المشاكل التى لا يمكن التغلب عليها بدون الليزر ، خاصة فى مجال الخدمات والإنتاج .

وحتى نوضح للمواطن العربى الرؤية المستقبلية لتطوير أجهزة

الليزر المستخدمة في شتى المجالات ، بحيث أصبح من الضروري وضع استراتيجية عربية للحاق بركب التطور التكنولوجي في هذا المجال المهم ، نتناول بشيء من التفصيل بعض تطبيقات الليزر في المجالات : الصناعية والزراعية والطبية .

تطبيقات أشعة الليزر في الصناعة

اهتم العلماء ومهندسو الابتكارات التكنولوجية بالاستفادة من مميزات الليزر الفائقة في مجال الصناعة ، وذلك بتطوير أنواع من الليزرات ذات الطاقة الضوئية العالية ، مثل ليزر ثاني أكسيد الكربون ، وليزر النيودميوم الياجي والنيودميوم الزجاجي ، والتي يمكنها القيام بالعمليات الصناعية الآتية :

- التثقيب .. القطع واللحام .. المعالجة الحرارية .
- ضبط ماكينات التشغيل ومعايرتها .
- تصميم القياسات الميكانيكية .
- الصناعات الإلكترونية وتطبيقات الكمبيوتر .
- وضع علامات خاصة على البضائع والمنتجات .

وسوف نستعرض بالتفصيل هذه الحالات التي تستخدم فيها أشعة الليزر في المجال الصناعي وذلك فيما يلي :

الليزر : حفار للثقوب :

(أ) حفر الثقوب فى بلورات الماس :

تعتبر بلورات الماس من اصعب المواد الصلبة التى تعامل معها الإنسان ، وهى من المواد الهامة التى تستخدم فى سحب وصقل الأسلاك عن طريق عمل ثقوب ملساء مختلفة الأحجام ، ولنا أن نتصور أن عمل ثقب واحد في بلورة الماس ، قد يستغرق مدة يومين كاملين ، وذلك باستخدام الآلات التقليدية ، أما باستخدام أشعة الليزر ، فيستغرق هذا العمل دقائق قليلة ، وذلك عن طريق تركيز الطاقة الضوئية فى بؤرة يتحدد موقعها بالمكان المخصص للحفر .

(ب) حفر الثقوب فى السراميك :

تعتبر مادة السيراميك من المواد الهامة فى الصناعة ، حيث إنها تدخل فى العديد من الصناعات الإلكترونية ، نظرًا لصلابتها وخفة وزنها وتحملها درجات حرارة عالية وأيضًا لكونها عازلة للكهرباء .

وهناك صعوبة بالغة للتعامل مع هذه المواد عن طريق القطع وحفر الثقوب بمواصفات خاصة ، حيث إنها هشة وسريعة الكسر ، وقد أمكن استخدام أشعة الليزر فى حفر الثقوب فى السيراميك ، بل وأيضًا قطع ألواح السيراميك بواسطة الليزر فى خطوط مستقيمة دون مضاعفات ، وذلك بوضع جهاز تحكم آلى يقوم بضبط زوايا التثقيب والقطع أتوماتيكيا .

(جـ) حفر الثقوب فى المواد الرخوية :

يعتبر البلاستيك والكاوتشوك من المواد الرخوية التى يصعب التعامل معها صناعيا ، خاصة فى عمليات التثقيب والقطع ، وبالرغم من وجود وسائل عديدة منها التخريم والقص ، إلا أن هذه الوسائل تصبح بدون فائدة ، إذا أردنا حفر ثقوب متناهية الصغر ، مما تحتاج إليه صناعة صمامات التحكم فى الطائرات والأقمار الصناعية ، وفى أجهزة قياس التلوث فى الهواء ، حيث يجب ألا يتعدى قطر الثقب ٠,١ ميليمتر ، وفى هذه الحالات ، قد يستخدم ليزر ثانى أكسيد الكربون بقدرة ضوئية تتراوح بين ٢٠ إلى ٢٠٠ وات ، ويمكنها أن تنفذ خلال المواد الرخوية فى مدة تستغرق ٠,٠٠١ ثانية .

هذه الأشعة يمكنها إنتاج ٦٠٠ إلى ١٠٠٠ صمام فى الدقيقة الواحدة ، وفى مجال قطع المواد الرخوية مثل الكاوتشوك ، أمكن استخدام أشعة الليزر بدقة فائقة ، نظرًا لصعوبة قطع هذه المواد بالطرق التقليدية ، حيث إنها مرنة وتنحنى تحت آلة القطع (السكين) مما يغير من الأبعاد المطلوبة للقطع .

ومن مميزات استخدام أشعة الليزر فى قطع المواد الرخوية أنها لا تتلامس مع المادة ، مما يجعل الشكل ثابتا ، وأيضا يمكن ضبط زوايا القطع عن طريق تحريك المركبات الضوئية فى جهاز الليزر ذاته ، وقد ثبت عمليًا أن معامل امتصاص المواد المطاطية للأشعة الضوئية فى المدى

الغير المرئى للأشعة تحت الحمراء ، التى يتميز بها جهاز ليزر ثانى أكسيد الكربون يكون مرتفعًا ، مما يساعد على سرعة القطع .

الليزر وعمليات القطع واللحام :

كل العمليات التى تم وصفها فى الحفر والتقطيع تتم بواسطة تبخير المواد باستخدام الطاقة المكثفة لليزر . أما عملية لحام المواد ، فلا تطلب طاقة ضوئية عالية ، لأن أى جزءين من المادة (عادة من المعادن) يجب أن ينصهر أحدهما فى الآخر ليكوّنا مادة أخرى ، وفى هذه الحالة ، ليس من الضرورى تبخير المادة عند لحامها لأن ذلك يترك بعض فقاقيع الهواء التى تجعل اللحام ضعيفا وهشًا يسهل كسره مرة أخرى .

ومن مميزات اللحام بواسطة الليزر بالمقارنة باستخدام النار أو القوس الكهربائى ، أنه يمكن إجراء اللحام فى الهواء أو فى أى وسط (خليط من الغازات مثلا) كما يمكن لشعاع الليزر أن ينفذ من خلال الزجاج ويلحم الكاوتشوك لإحكام غلق أنابيب التفريغ بدون تدمير الجزء الخارجى .

ويوجد حاليًا أجهزة ليزر يمكنها قطع المواد غير المعدنية مثل رقائق الخشب (الأبلكاج) والقماش وأنواع من البلاستيك . وتعمل هذه الأجهزة بنفس الطريقة المستخدمة فى حفر الثقوب ، حيث تتجمع أشعة الليزر بواسطة مركبات بصرية خاصة فى بؤرة ما على المكان المراد قطعه ، وتتبخر المادة بالتأثير الحرارى للطاقة الضوئية المكثفة .

وبتحريك مكان البؤرة يمكن إتمام عملية القطع بالمواصفات المطلوبة وبدقة فائقة . وعادة يستخدم تيار من غاز الأرجون أو النيون (أحد الغازات الخاملة التى لا تتفاعل كيميائيًا) لإزالة الأتربة المتبخرة من على السطح حتى لا تسبب تشتيت الطاقة الضوئية ، أو أن تترسب على جهاز الليزر مما يسبب تعطيل مركباته البصرية .

أما فى حالة قطع المواد المعدنية ، فيلاحظ أن هذه المواد تكون عاكسة بشدة للأشعة الضوئية ، ولذلك فإنها تحتاج إلى قدرة ضوئية عالية ، مما يرفع من تكلفة الجهاز ويبدد الطاقة .. وقد أمكن التغلب على هذه المشكلة عن طريق توجيه تيار من الأوكسجين تحت ضغط محدد عند مكان القطع بعد تسخينه بواسطة اشعة الليزر ، حيث تتم أكسدة المعدن واحتراقه ومن ثم تتم عملية القطع . عندئذ فإن الليزر يستخدم كعامل مساعد فى قطع المواد المعدنية الصلبة .

وقد تم تعميم هذه الطريقة فى الصناعات العسكرية وصناعة السيارات وكل صناعة يصعب قطع المعادن المستخدمة فيها بالطرق التقليدية مثل معدن التيتانيوم . وعادة يستخدم ليزر ثانى أكسيد الكربون الذى يعمل فى المدى الطيفى للأشعة تحت الحمراء فى هذا النوع من عمليات القطع ، حيث أمكن قطع شرائح التيتانيوم بسمك ٦ ميليمتر ومسافة ٢٥٠ سم فى دقيقة واحدة . فى هذه الحالة تكون زوايا القطع دقيقة جدًا لتقليل الفاقد من هذا المعدن الثمين بالمقارنة باستخدام المنشار الحديدى التقليدى .

وبناء على ما سبق ، فإنه يفضل استخدام أشعة الليزر فى عمليات القطع واللحام على الطرق التقليدية نظرًا لجودة الإنتاج وكميته ومردوده الاقتصادى ، وذلك للميزات الآتية :

١ - إمكانية استعمال الليزر فى عمليات لحام بعض المواد التى تتاثر خواصها بالحرارة ، مثل لحام التوصيلات الداخلية بالترانزستورات أو النبائط والمكونات الإلكترونية الأخرى .

٢ - عدم التأثير على الخواص المغناطيسية للمواد عند لحامها .

٣ - إمكانية تحقيق عملية اللحام فى مناطق ونقاط داخل الأجهزة التى لا يمكن الوصول إليها بواسطة الطرق الاعتيادية .

٤ - من الممكن إجراء عملية اللحام فى مختلف الظروف المناخية .

٥ - المواد التى لا يمكن لحامها بالطرق المألوفة ، يمكن لحامها بسهولة بواسطة أشعة الليزر وباعتمادية عالية .

٦ - عدم حدوث أى تشوه ملحوظ أو تقلصات فى الملحومات .

٧ - من الممكن إجراء اللحام على الأسلاك المعزولة دون الحاجة إلى تخضير « بقشط » العازل .

٨ - من الممكن مشاهدة ومراقبة عمليات اللحام بواسطة ربط المنظومة مع شبكة تليفزيون مغلقة للسيطرة على اللحام وجودته .

تطبيقات أشعة الليزر فى الزراعة

من أهم تطبيقات أشعة الليزر فى المجال الزراعى (وعن طريق الاستفادة من خاصية التوجيه الضوئى لليزر) هو عمليات تسوية الأراضى الزراعية . والتسوية هى عملية ميكانيكية تجرى لضبط مناسيب التربة وإعادة استواء الأراضى الزراعية تمهيدًا لتغيير أسلوب الزراعة ، وتحويلها إلى شرائح وأحواض متسعة للمحاصيل الشتوية وخطوط طويلة للمحاصيل الصيفية . وهذه هى الوسيلة الأساسية لإمكانية استخدام الآلات الزراعية بعد ذلك بدءًا من البدّارات وانتهاء بالحصادات . ومن مزايا التسوية هو تقليل النسبة المفقودة من الأراضى فى المراوى ، لتصبح أرضًا مزروعة بالمحول وبالتالى تزداد المساحة الأفقية والتى لا تقل عن نسبة ١٥٪ من إجمالى المساحة . وأيضًا يمكن ترشيد استهلاك المياه المستخدمة فى الرى عن طريق رفع كفاءة الرى وتوزيع المياه بطريقة متماثلة تقلل الفاقد منها ، والتى قد يزيدها المزارع لضمان وصول المياه إلى المناطق العالية من الأرض .

وتساعد عملية التسوية استخدام الآلات الزراعية بكفاءة حسما لمشكلة عدم توافر العمالة الزراعية .

ويعتبر استخدام أسلوب الزراعة الصحيح بعد التسوية كصيانة لها ، تطيل من عمر التسوية ، ويساعد المزارع على زيادة المحاصيل فى الأراضى الزراعية ، أكثر من محصولين فى الموسم الزراعى الواحد .

وتستخدم حاليًا أحدث النظريات والأجهزة العلمية التى تعتمد بالفعل على أجهزة الليزر فى التسوية ، حيث تحقق دقة عالية وسرعة فائقة فى الأداء وخفض للوقت وتسوية مساحة أكبر . ويتم ذلك على الوجه التالى :

أولا – عمليات الرفع المساحي :

تجرى عملية الرفع المساحى وتحديد الميزانية الشبكية للأراضى الزراعية بواسطة أجهزة خاصة تتكون من وحدتين منفصلتين ، وحدة الإرسال ، وبها جهاز ليزر عادة يكون ليزر غازى ، وسطه المشع لليزر مكون من خليط من غازى الهيليوم والنيون ، هذا الجهاز هو أبسط أنواع الليزرات ، ويعمل فى المدى الطيفى للضوء الأحمر عند الطول الموجى ٦٣٢٨ أنجستروم ، ويوجد فى هذه الوحدة بعض المركبات البصرية (مثل المرايا والعدسات والمنشورات الزجاجية) المستخدمة فى عمليات ضبط التوجيه الضوئى للأشعة ، بحيث تكون فى مستوى أفقى .

وتوضع وحدة الإرسال فى منتصف المساحة المراد رفعها مساحيًا ، حيث يرسل جهاز الليزر أشعة ضوئية تغطى دائرة نصف قطرها ٣٠٠ متر (أى مساحة قدرها ٧٠ فدان) .

والوحدة الأخرى هى جهاز الاستقبال ، ويتكون من كاشف ضوئى (عبارة عن خلية كهربائية – ضوئية أو كهروضوئية) بواسطتها

يمكن تحويل النبضات الضوئية إلى إشارات كهربائية ، هذا الكاشف مثبت على قامة تتحرك أتوماتيكيا وتنزلق على شريط مدرج بالسنتيمترات لنقرأ قيمة مطلقة عن كل نقطة . وبإرجاع النقط المأخوذة بهذه القامة إلى نقطة المرجع المحددة بمنسوب ارتفاع الأرض ، يتم رسم خريطة للأرض موضحًا بها الارتفاعات والانخفاضات الموجودة بها وحساب المنسوب المتوسط المطلوب تسوية الأرض عليه .

ثانيًا : أجهزة التسوية :

أجهزة التسوية لها نفس خواص الأجهزة المستخدمة فى أغراض الرفع المساحى ، حيث يوضع جهاز الإرسال فى منتصف الأرض ، ويرسل الجهاز أشعة الليزر فى مستوى أفقى ثابت يرتفع عن الأرض حوالى أربعة أمتار ، أما جهاز الاستقبال فهو مركب على القصابية ذات المكبس الهيدروليكى ، وبعد استقبال النبضة الضوئية من جهاز الليزر يمكن ترجمتها إلى شفرة ألكترونية بواسطة الكاشف الضوئى وترسل هذه الشفرة إلى ما يسمى بصندوق التحكم (أو العقل المفكر للعملية) هذا الصندوق يكون مثبتًا بجوار مقعد سائق الجرار الزراعى .

فى بداية عملية التسوية ، يتم ضبط جهاز التحكم الإلكترونى على متوسط المنسوب المراد تسوية الأرض عليه ، حيث يحتفظ الجهاز بهذا المنسوب فى ذاكرة خاصة ، ويقوم بعد ذلك بمقارنة هذه القراءة بالقراءات الواردة إليه من وحدة الاستقبال المثبتة على القصابية ، وبناء

على ذلك ، تصدر إشارات إلى المحابس الكهربائية التى تتحكم فى ضغط الزيت الهيدروليكى الداخل والخارج من المكبس ، بهدف تعلية أو خفض « سن القصابية » لتتم عملية القطع والملء بصورة تلقائية محسوبة دون تدخل العامل البشرى مطلقاً .

وبناء على ذلك ، فإن عملية التسوية باستخدام أشعة الليزر توفر الدقة والسرعة فى إمكانية إجراء التسوية فى مساحات واسعة .

تطبيقات أشعة الليزر فى الطب

لقد ساهم الليزر فى مجال تقدم الطب كثيرًا ، حيث دخل محاور مختلفة نذكر منها ما يلى :

أولاً – الليزر الجراحى :

كانت فكرة ليزر الجراحة ، أحد الأهداف المهمة ، خاصة فى مجال العمليات الدقيقة ، والتى لا يمكن إجراؤها بالمشرط الطبى التقليدى ، ومن مميزات استخدام أشعة الليزر ، أن المريض لا ينزف تقريبًا أى دم ، وذلك بخلاف العمليات الجراحية التقليدية ، ويرجع ذلك إلى الطريقة التى يتفاعل بها شعاع الليزر مع الأنسجة ، ويمكن لهذا الشعاع كى بعض الأوعية الدموية فى مكان العملية ، ويتوقف نزيف الدم ، ويحتاج إلى هذا النوع من الجراحة المرضى المصابون بمرض « الهيموفيليا » أو عدم تجلط الدم ، وفى حالة تهتك الأوعية الدموية .

وأكثر أنواع الليزر الشائعة والمستخدمة فى الجراحة اليوم هو ليزر ثانى أكسيد الكربون والذى يعمل فى المدى الطيفى للأشعة تحت الحمراء ، ومن خصائص هذه الأشعة فى هذا الجهاز أنها تكون فى المدى الطيفى المستمر وأن معامل امتصاصها بواسطة الماء المتواجد فى الخلايا الحية بالأنسجة مرتفع جدًا .

بالإضافة إلى شدة الاستضاءة العالية والتى يمكن بواسطتها تبخير الخلايا الحية عند البؤرة التى يتجمع عندها الأشعة . ويستخدم الليزر فى الجراحة بطريقتين :

الأولى : فى عمليات القطع العميقة .

الثانية : فى عمليات إزالة الأنسجة السطحية .

ثانيًا : الليزر وعلاج سرطان الرحم :

نجح الأطباء فى استخدام الليزر فى علاج سرطان الرحم عند النساء ، خاصة أن أنسجة عنق الرحم أو المهبل فى النساء عرضة لكثير من الأمراض خاصة السرطان ، ولسوء الحظ تكون العمليات الجراحية التقليدية بالغة الصعوبة بالنسبة للطبيب الجراح ، نظرًا لعدم توفر إمكانية الوصول إلى هذه المناطق الحساسة ، والتى تحتوى على أوعية دموية عديدة ، والذى يجعل تلك الجراحات فى منتهى الخطورة ، هو أن الخلايا السرطانية تنتشرعلى السطح بأكمله ، بدلاً من وجودها فى مكان ما أو ورم محدود يمكن للجراح استئصاله .

وهذه العمليات الجراحية يمكن لأشعة الليزر أن تقوم به بكفاءة عالية ، فالذى يجعل العملية الجراحية بالأدوات الطبية التقليدية خطرة ، هو أنه يجب على الجراح أن يقطع وينظف كل المنطقة أسفل الأنسجة المراد استئصالها ، وهذا بالطبع يخلق جرحًا عميقًا مصحوبًا بنزيف حاد غالبًا ما يؤدى إلى الوفاة ، ولذا أصبح الليزر أمل كثير من المرضى ، وعلى الجراح فقط أن يتتبع هذه الأشعة بصفة مستمرة وبدرجة كافية حتى تخترق الأنسجة المريضة ، وبالطبع يمكن لشعاع الليزر أن يصل إلى الأماكن الداخلية من المهبل ، والتى يصعب على الجراح أن يصل إليها بالمشرط التقليدى ، وفى كثير من الأحيان يمكن إجراء الجراحة بدون عمليات فتح جراحية ، حيث تقوم أشعة الليزر بكى الأوعية الدموية لالتحامها وحتى يمنع النزيف الحاد ، بل وتقوم تلك الأشعة أيضًا بعمل تخدير للأعصاب حتى تقلل من الآلام ، ولذلك قد يستخدم الليزر كثيرًا فى علاج النساء الحوامل اللائى لا يتحملن عمليات التخدير .

ثالثًا – الليزر وعلاج الأمراض الجلدية :

يستخدم الليزر حاليا وبنجاح فى علاج البقع الجلدية الحمراء وعلامات الوحم بالولادة ، والتى قد تظهر فى أماكن واضحة تعيب الشكل نسبيًا مثل الرقبة والوجه واليد ، وهذه البقع الحمراء تحتوى على شبكة شاذة من الأوعية الدموية ، ويستخدم الليزر فى كى هذه الأوعية

الدموية وتقليل درجة احمرارها عن طريق غلق هذه الأوعية ، ويستخدم الليزر أيضًا فى إزالة علامات الوشم ، حيث يمكنها تدمير جزئيات الصبغة المميزة لهذا الوشم .

رابعًا – الليزر وعلاج الأعصاب :

يستخدم الأطباء الليزر فى علاج بعض أمراض الأعصاب ، وذلك عن طريق الوخز بالليزر بدلا من استخدام الطريقة الصينية التقليدية وهى « الوخز بالإبر » . والعلاج بالوخز بالإضافة لعلاج الأعصاب يستخدم فى حالات مرضية كثيرة ، منها النزلات الشعبية المزمنة ، وتصحيح موضع الجنين قبل الولادة .

والوخز بالليزر الآن أصبح شائعا ، لأنه لا يسبب تلك الآلام التى تسببها الإبر ، بالإضافة إلى أنه صحى وأسرع فى الاستخدام ، وهو يتناسب مع الأطفال وكبار السن .

خامسًا – الليزر وعلاج الأذن والحنجرة :

عادة المرضى الذين يصابون بسرطان الحنجرة ، يضطر الجراح إلى استئصال الحبال الصوتية ، ومن ثم يفقدون المقدرة على الكلام ، لأن الحنجرة والأذن من الأماكن الحساسة التى يصعب للجراح أن يصل إلى أجزائها الداخلية بمشرطه الطبى التقليدى . فمن السهل أثناء الجراحة التقليدية بالحنجرة أن يتم جرح الصندوق الصوتى ، وأى عصب فى هذا الصندوق قد يفقد القدرة على الكلام بصفة مستمرة .

ويستخدم الليزر حاليًا فى إزالة الخلايا المريضة بالسرطان ، من خلال تجميع الطاقة الضوئية فى بؤرة ضوئية لا يتعدى قطرها ميليمترا واحدا ، وذلك دون حدوث أى أضرار بالأجزاء الأخرى فى الحنجرة ، وفى هذه العمليات يستطيع المريض التحدث بوضوح أكثر من حدود الهمس التى قد ينطق بها بعد إزالة الأجزاء الداخلية فى الحنجرة فى الجراحة التقليدية .

كما يستخدم الليزر فى علاج القنوات الدقيقة بالجسم ، وأهمها الأذن ، فكثير من المرضى لا يستطيعون السمع نتيجة بعض العيوب فى تركيب عظام الأذن الداخلية ، حيث أن هذه العظام مركبة بدقة وتعمل على نقل الترددات الصوتية إلى داخل الأذن .فأى خلل فى هذا التركيب قد يجعل إحدى هذه العظام تتصلب فى مكانها ، مما يجعل الأذن غير قادرة على السمع ، ولعلاج هذه الحالات بالطرق التقليدية ، يلجأ الجراح إلى استخدام « أزميل » حاد حتى يستطيع رفع هذه العظام المتصلبة ، وقد تؤدى هذه الطريقة ذاتها إلى عطب دائم لعظام الأذن ، وتفقد المريض السمع بصفة مستمرة . بالإضافة لما تسببه من عدم توازن المريض وترنحه لفترة طويلة .

ويوجد الآن أنواع خاصة من الليزرات ، يمكنها تجميع أشعتها فى بؤرة صغيرة داخل الأذن ، وبواسطة الطاقة الضوئية المكثفة يمكن تبخير جزء من العظام المتصلبة ،وبمنتهى الحرص يستخدم الجراح « ملقاطا » دقيقا لرفع باقى أجزاء العظام .

سادسًا – الليزر وعلاج القرحة المعدية :

حاليًا ، يستطيع المرضى الذين يعانون من نزيف دموى حاد بالمعدة أو الأمعاء ، الاستفادة من الاختراعات التكنولوجية الحديثة ، خاصة فى مجال المناظير الطبية وأشعة الليزر .

فى الجراحة التقليدية ، عادة تستخدم المناظير الطبية فى تشخيص أماكن القرح ، والمشكلة هنا أن المرضى الذين يعانون من نزيف دموى حاد ، لا يستطيعون فى حالات كثيرة تحمل الجراحة الكبيرة والتى تؤدى فى حالات كثيرة إلى الوفاة .

والطريقة الجديدة فى علاج القرح هو استخدام المناظير الطبية ليس فقط كأداة تشخيص ، بل كأداة جراحية أيضًا . فيمكن للطبيب الجراح استخدام الضوء العادى فى تحديد مكان القرحة داخل معدة المريض من خلال إحدى الألياف البصرية الملحقة بالمنظار ، بعد ذلك يسلط بدلا من الضوء العادى شعاع الليزر الذى يسقط على مكان القرحة بالضبط ويسبب تجلط الدم عن طريق الكى المباشر ، الذى يترتب عليه وقف نزيف الدم .

سابعًا – الليزر وتفتيت الحصوات فى الكلى والحالب :

الحصوات هى جسم غريب فى المسالك البولية ، ووجودها يسبب مضاعفات للجهاز البولى ونهايتها تكون الفشل الكلوى . والإجراء المعروف لدى الأطباء هو عمل جراحة على المسالك البولية لاستخراج

هذه الحصوات ، وكان الشغل الشاغل للجراحين هو كيفية الوصول إلى طريقة لاستخراج الحصوة بطريقة شبه مأمونة ، وعندما اخترع العلماء المناظير الطبية ، أمكن استخدامها فى هذه الجراحة ، إلا أن المنظار الطبى يسبب مشاكل جراحية كثيرة ، لأنه يتكون أساسًا من معدن صلب . ثم توصل العلماء إلى استخدام الموجات التصادمية التى تفتت حصوة الكلى بدون إجراء جراحة ، إلا أن المشكلة تكمن فى بعض حصوات الحالب التى تستخرج حتى الآن عن طريق الجراحة التقليدية ، وفى الآونة الأخيرة اخترع العلماء منظارا طبيا مرنا ليس له مضاعفات ، ويمكن من خلال الألياف البصرية به إدخال أشعة الليزر والوصول إلى الحصوة وتفتيتها بدون حدوث أى ضرر بالأنسجة الرخوية .

وباستخدام أنواع خاصة من الليزر أمكن التوصل إلى وسيلة فعالة تكاد تكون بدون مضاعفات ، لتفتيت واستخراج حصوة الحالب وفى أقل وقت ممكن ،ويستخدم الليزر أيضًا فى علاج أورام المثانة ، وذلك عن طريق الكى الضوئى .

ثامنًا – الليزر وتشخيص السرطان :

ويستخدم الليزر أيضا فى اكتشاف حالات السرطان المبكرة ، ويتم ذلك بأخذ عينه من الأنسجة ووضعها فى محلول يحتوى على الصبغة العضوية ، هذه الصبغة من خصائصها أنها تشع وميضًا ضوئيًا عندما

تسقط عليها أشعة الليزر المناسبة ، ومن المعروف أن الخلايا العادية فى الأنسجة لا تحتوى على نفس النسبة من البروتينات وجزيئات الـ DNA التى تنتجها الخلايا السرطانية ، والتى تمتص الصبغة العضوية بكمية أكبر . وهذا يعنى أنه فى حالة وجود خلايا سرطانية ، فإنها تمتص كمية كبيرة من محلول الصبغة العضوية ، وبالتالى يكون لها القدرة على امتصاص الأشعة الضوئية من الليزر بمعدل أكبر من تلك الصبغة التى تمتصها الخلايا العادية ، وقد ثبت عمليا أن هذه الطريقة فى التشخيص أفضل كثيرًا من إعطاء المريض كبسولات خاصة تحتوى على هذه الصبغة العضوية ، حيث أن هذه الصبغة تسبب توليد خلايا سرطانية بالجسم .

تاسعًا – الليزر لجراحة وعلاج أمراض العين :

نجح الأطباء فى استخدام العديد من أنواع الليزرات أهمها (ليزر أيون الأرجون وليزر الأكسيمر) بالإضافة إلى ليزر النيودميوم الجرافيتى فى جراحة العيون ، ومن الأمراض التى تحتاج إلى استخدام الليزر هى :

(١) علاج المياه الزرقا أو « الجلوكوما » .

(٢) علاج بعض حالات ارتشاح المقلة .

(٣) حالات التحلل الشبكى السكرى .

(٤) حالات الضمور بمركز الإبصار بسبب الشيخوخة .

(٥) تمزقات وثقوب الشبكية .

(٦) الثقب القزحى .

(٧) فتح الحفظة الخلفية أو الأمامية المعتمة .

(٨) إجراء عمليات المياه البيضاء (الكتاركتا) .

(٩) قطع بعض الأنسجة والتلفيات بالجسم الزجاجى وعلى سطح الشبكية .

كما يستخدم الليزر فى علاج أمراض القرنية مثل إزالة الأورام والترقيع القرنى وعلاج عيوب انكسار القرنية .

وهكذا يتبين لنا أهمية وفعالية أجهزة الليزر بأنواعها المختلفة واستخداماتها المتعددة ، خاصة فى مجال الخدمات الطبية وفى مجال الإنتاج الصناعى والزراعى .

الفصل الثالث

تطبيقات أشعة الليزر فى مجال الطاقة

دأب الإنسان منذ القدم على أن يعد حاجاته الأساسية الثلاث وهى : الغذاء والكساء والمأوى ، أما اليوم ، فمن الأفضل أن يسميها من جديد ، حيث إن هذه الحاجات الثلاث أصبحت : الطاقة والمواد المتجددة والمعلومات ، وفى هذا الفصل سوف نبدأ بموضوع الطاقة .

فطبقًا للقانون الثانى للديناميكا الحرارية ،فإن أنواع الطاقة الأعلى تتحول إلى الأنواع الأدنى ، وتبدأ كل أشكال الطاقة التى يستخدمها الإنسان بالطاقة النووية المتولدة فى النجوم . وعلى سبيل المثال ، ففى قلب شمسنا تتحول الطاقة النووية إلى طاقة كهربائية مغناطيسية بما فى ذلك الضوء الذى يغمر الأرض ، وحين أشعل الإنسان القديم ناره ، بحرق خشب الأشجار ، فإنه فى الحقيقة كان يستخدم طاقة الشمس التى خزنت فى مركبات الكربون .

وطاقة الرياح وطاقة الماء الساقط ، نوعان من طاقة الشمس المتحولة ، كذلك فإن الوقود النووى المتمثل فى نوى قابلة للانشطار ، هى نوى بنيت فى بواطن النجوم الأخرى ، وهو نوع من الطاقة النجمية

(الشمسية) المخزونة فى هذه النوى ، وحتى الطاقة الحرارية الجوفية للأرض ترجع إلى طاقة النجوم ، إذا أخذنا فى الاعتبار أن الحرارة الجوفية تتولد من التفكك الإشعاعى للنوى التى صنعت فى باطن النجوم ، وجرى إدماجها فى جسم الأرض حين بدأت نشأتها .

والجزء الأكبر من الطاقة التي تستخدم من قبل الإنسان هى طاقة نجمية (شمسية) مباشرة ،لأن طاقة الشمس هى التى تسبب نمو النباتات ، ويشمل ذلك نباتات الغذاء ونباتات المواد الأولية مثل القطن والأشجار التى تأتى فيها الألياف والأخشاب إلخ .

مخزون الطاقة العالمية :

وطبقًا للإحصائية التى أجرتها الولايات المتحدة الأمريكية بشأن مخزونات الطاقة العالمية عام ١٩٨٥ فكانت كمايلى :

البترول : يمثل ٣٨,٥٪ ، **والغاز الطبيعى** ٢٧,٨٪ **والفحم** ٢٣,٦٪ ، **والوقود النووى** ٥,٧٪ ، **والسدود ومساقط المياه** يمثلان ٤,١٪ ، وأصناف الوقود الأخرى كالخشب تمثل ٠,٣٪ ، وبالنظر فى هذا الإحصاء نجد نسبة الطاقة التى تحول مباشرة إلى صورة الاستعمال النهائى تمثل ٦٥٪ ، فى حين تجمد نسبة الطاقة التى تحول إلى كهرباء ٣٥٪ .

وحين يدور الحديث حول الطاقة ينصب الاهتمام على الجزء الذى يحول إلى كهرباء ، وفى الوقت الحالى فإن أسعار البترول والغاز الطبيعى

والفحم زهيدة ومتوفرة ، ولا توجد مشكلة كبيرة تواجه توليد الطاقة الكهربائية ، ولكن لا مفر من أن تصبح هذه الموارد شحيحة وأكثر تكلفة بمضى الوقت ، وليس مرجع ذلك إلى أن حقول البترول والغاز الحالية تستنزف ، وهذا لاشك فيه ، ولكن لأن معدل اكتشاف حقول جديدة يتناقص بسرعة .

بدائل البترول والغاز :

والسؤال الذى يطرح نفسه ، ما الذى سيحل محل البترول والغاز عندئذ ؟ والمرشح الأول هو الاستعانة بالمفاعلات النووية لإنتاج الطاقة بالرغم من المشكلات التى تعترض هذه التكنولوجيا النووية ، والمتعلقة بالسلامة ، ومن التخلص من المخلفات المشعة ، ولنا أن نعرف أن فى العالم الآن حوالى ٥٠٠ مفاعل نووى لإنتاج الطاقة ، كما أن هناك خططًا لكثير من الدول لبناء المزيد منها .

ومما قد يكون أمرًا ذا بالٍ أن نعرف ما سيكون عليه سجل الطاقة النووية على المستوى العالمى بحلول القرن الحادى والعشرين .

كيفية إنتاج الطاقة النووية :

ويقوم الليزر حاليًا بدور هام فى الأبحاث الجارية بغرض توليد الطاقة النووية . وتطوير أجهزة الليزر العملاقة التى تستخدم فى هذا المجال تشكل تنافسًا كبيرًا بين العلماء ومراكز البحوث فى الدول

المتقدمة ، والأبحاث فى هذا المجال تعتبر من الأسرار العسكرية لهذه الدول .

ولكى نوضح أهمية استخدام تكنولوجيا الليزر فى إنتاج الطاقة ، نتناول أولاً كيفية إنتاج الطاقة النووية .

الطاقة النووية تتولد بطريقتين هما :

١ – الانشطار النووى .

٢ – الإندماج النووى .

الانشطار النووى :

ويحدث الانشطار النووى عادة فى نوى الذرات الثقيلة مثل ذرة اليورانيوم والبلوتنيوم أو الثوريوم ، وتنقسم هذه النوى إلى نوى أصغر فى المحتوى النووى ، أى التى تحتوى على عدد أقل من النيوكلونات (النيوكلون وهو جسم نووى صغير كتلته تعادل كتلة البروتون وأما أن يكون متعادلا كهربائيًا ويسمى نيوترون أو يكون مشحونًا بشحنة موجبة تعادل شحنة الإلكترون ويسمى البروثون) ويصاحب عملية الانشطار النووى انبعاث طاقة هائلة تعادل الفرق فى طاقة الترابط التى استخدمت لتماسك النيوكلونات فى النوى الكبيرة قبل الانشطار ، ومجموع الطاقات الأخرى للقوى المتولدة بعد الانشطار ، وتتميز هذه الطاقة بقدرتها العالية على الاختراق والنفاذ خلال الأجسام .

الاندماج النووى :

أما عملية الاندماج النووى ، فتتم بين النوى فى الذرات الخفيفة (مثل ذرات عنصر الهيدروجين أو الليثيوم) ، لتكوين نوى أكبر منها تحت شروط معملية خاصة وينتج عن ذلك انبعاث طاقة نووية هائلة تعادل مائة مرة ضعف الطاقة النووية المولدة من عمليات الانشطار النووى .

واستطرادًا لهذا الحديث ، فإن الذرة تتكون من كرة متناهية فى الصغر (بالمقارنة إلى الأبعاد الذرية) وتتركز كتلتها فى المركز والذى يسمى بالنواة .وتحتوى النواة على عدد محدد من جسيمات مشحونة بشحنة موجبة تعادل شحنة « الألكترون » وتسمى « البروتونات » وعدد آخر من جسيمات متعادلة تسمى النيوترونات ، ويتحدد الوزن الذرى بعدد النيكلونات فى النواة ، ويسبح حول النواة عدد مساو لعدد البروتونات يحمل شحنة سالبة تسمى ألكترونات ، ومن المعروف لدينا أن لكل ألكترون مدارًا حول النواة ما لم تؤثر عليه قوة خارجية مثل المجال الكهربائى أو المجال المغناطيسى .

وتكون كتلة الألكترون متناهية فى الصغر وتساوى $\frac{١}{١٨٤٠}$ من كتلة البروتون .

وعندما تنفصل الالكترونات من الذرة (تحت تأثير القوى الخارجية) فإنها تترك النوى فى حالة تأين كامل .وبذلك تصبح المادة

فى الحالة الرابعة لها والتى أطلق عليها العلماء حالة البلازما "Plasma" . والبلازما تلعب دورًا هامًّا فى عمليات الاندماج النووى .

والذرات فى المادة الواحدة تتكون من نظائر مختلفة لها نفس الخصائص الفيزيائية ، لأنها تتساوى فى الشحنة الكهربائية الكلية ولكنها تختلف فيما بينها فى الوزن الذرى ، وذلك لاختلاف عدد النيوترونات بها .

والنظائر الذرية نوعان :

أحدهما : يسمى بالنظائر المستقرة ، وتحتوى النواة بها على عدد ثابت من النيوكلونات لا تتغير مع الزمن .

والنوع الآخر : يسمى بالنظائر المشعة ، حيث أن عدد النيوكلونات بها قد يتغير مع الزمن ومع مرور الوقت تتحول إلى نظائر مستقرة . وتستخدم النظائر المشعة فى إنتاج الطاقة النووية .

وعلى سبيل المثال ، فإن ذرات اليورانيوم لها نظيران :

أحدهما : نظير مستقر (خامل أى غير مشع) ويحتوى على ٢٣٨ نيوكلون ونسبته ٩٩,٣٪ من كمية اليورانيوم المتواجدة على الأرض .

والنظير الآخر : نشط نوويًا ويحتوى على ٢٣٥ نيوكلون ونسبته فى الطبيعة ٠,٧٪ . وتتفاعل هذه النوى مع جسيمات النيوترونات ،

ويحدث سلسلة من الانقسامات تكون مصاحبة بتوليد الطاقة النووية ، وتنتهى هذه التفاعلات عند تكوين نواة عنصر الرصاص الخاملة .

والطاقة النووية المتولدة عن الانشطار النووى تحتاج إلى تقنية تكنولوجية عالية لفصل النظائر النشطة عن تلك النظائر الخاملة ، مما يستلزم بناء المفاعلات النووية ، حيث يتم توليد النيوترونات بطاقة عالية تصطدم بها نوى اليورانيوم النشط ويتم الانشطار النووى .

والتعامل مع المفاعلات النووية له مخاطر شديدة ، أهمها الأمان النووى ، هذا بالإضافة إلى النفايات المشعة التى تهدد حياة البشرية فى المستقبل القريب والبعيد .

أما بالنسبة للاندماج النووى ، فكما ذكرنا سلفا ، فإنه عادة يتم الاندماج بين نظائر ذرة الهيدروجين ، ويوجد فى الطبيعة ثلاثة نظائر هم : هيدروجين ١ ويحتوى على ألكترون واحد وبروتون واحد فى النواة ، وهيدروجين ٢ ويسمى الديوتريم ويحتوى على ألكترون واحد وبروتون واحد + نيوترون واحد فى النواة ؛ وأيضًا هيدروجين ٣ ويسمى الترتيوم ويحتوى على ألكترون واحد وبروتون واحد + اثنين من النيوترونات فى النواة ، ويتم الاندماج النووى بين نوى هذه النظائر فى غرفة معدنية كروية محكمة تحت ضغط مرتفع (عدة ملايين من الضغط الجوى) وعند درجة حرارة عالية جدًّا ، والطاقة النووية المتولدة عن طريق الاندماج النووى يمكن استخدامها فى الأغراض

السلمية والعسكرية على حد سواء ، والخبراء يتوقعون أن يتم إنتاج الطاقة النووية فى المستقبل عن طريق الاندماج النووى بدلا من الانشطار النووى ، نظرًا لأن المخزون العالمى من عنصر اليورانيوم قليل ، ولا يكفى الاستخدام لفترة طويلة من الزمان ، فى حين يوجد رصيد ضخم من الهيدروجين الذى يلزم لعملية الاندماج ويمكن استخراجه من مياه المحيطات (حيث أن جزئ الماء يتكون من ذرتين من الهيدروجين وذرة واحدة من الأوكسجين) وفى عام ١٩٦٠ ، نجح العلماء فى إنتاج القنبلة الهيدروجينية ، تتولد عنها طاقة اندماج نووى تعادل مائة مرة مقدار الطاقة التى تنتجها القنبلة الذرية نتيجة للانشطار النووى بها ، ومن المعروف لدينا أن القنبلة الهيدروجينية تحتاج لتشغيلها إلى انفجار قنبلة ذرية محدودة .

ومنذ ذلك الوقت ، دأب العلماء على تطوير الأبحاث لتوليد الطاقة عن طريق الاندماج النووى ، وقد ساعد على ذلك ابتكار أنواع عديدة من أجهزة الليزر التى أمكن استخدامها فى هذا المجال .

التوليد المغناطيسى :

وعملية الاندماج النووى تستلزم أن تكون المادة فى حالة بلازمية ، أى فى حالة تأمين كامل ، وقد نجح العلماء فى توليد البلازما الحرارية باستخدام كرة معدنية كبيرة ممتلئة بغاز الهيدروجين تحت ضغط عال . وعند تطبيق مجال كهربائى (بطريقة خاصة) يتولد عنه كمية حرارية مرتفعة تعمل على فصل الألكترونات من ذرات الهيدروجين .

ويتم بعد ذلك الاندماج النووى باستخدام ما يسمى بتكنيك التوليد المغناطيسى "Magnetic Confinement" .

وهذه الطريقة صعبة للغاية ، حيث أنها تستنفذ طاقة كهربائية عالية ، بالإضافة إلى أن مادة البلازما قد تتسرب خارجًا نتيجة لعدم التحكم فى غلق الكرة المعدنية بدرجة كافية ، وهناك طريقة أخرى لإتمام عملية الاندماج تسمى التوليد الذاتى "Inertial Confinement" .

وهذه الطريقة تعتمد أساسًا على استخدام طاقة إشعاع خارجى (عادة تكون أشعة الليزر) ، تتفاعل مع نظائر الهيدروجين ، الديوتريم والترتيوم ، وينتج عن ذلك توليد الأشعة السينية التى تسبب بالتالى رفع درجة الحرارة ، ويحدث الاندماج النووى ، وعملية الاندماج النووى تتأثر بتغيير كثافة البلازما (وهى عدد الأيونات الموجبة بها) ، وأيضا بالزمن المستغرق لإتمام الاندماج ذاته .

أجهزة ليزر عملاقة :

وفى الحقبة الأخيرة لجأت الدول الكبرى إلى عمل برامج بحثية طموحة لتطوير وبناء أجهزة ليزر عملاقة يمكن أن تولد طاقة ضوئية عالية وفى نبضات زمنية قصيرة جدًّا ، يمكن بواسطتها إنتاج الطاقة عن طريق الاندماج النووى التى سبق شرحها ، على سبيل المثال فى عام ١٩٧٥ ، قامت الولايات المتحدة الأمريكية ببناء ثلاثة أجيال من أجهزة الليزر العملاقة التى أطلق عليها أسماء شيفا ونوفا وهيليوس ،

وهى تعتبر أحد أنواع ليزر « ثانى أكسيد الكربون » وتختلف فيما بينها فى مقدار الطاقة الضوئية المنتجة ، حيث أن جهاز شيفا ينتج حوالى ١٠,٠٠٠ جول (عشرة آلاف جول) من الطاقة الضوئية فى نبضات ليزرية لا يتعدى طولها الزمنى عن $١٠^{-٩}$ من الثانية ؛ هذه الطاقة تعادل ٠,٠٠٣ كيلو وات - ساعة ، وهى تكفى لتشغيل مصباح كهربائى بقدرة ٦٠ وات لمدة ٣ دقائق ، وهذه النبضات الليزرية يمكن تركيزها فى بؤرة ضوئية قطرها ٠,١ مليمتر . وأقصى قيمة للطاقة ينتجها جهاز شيفا تعادل ٣٠ تريليون وات (أى ٣٠×١٠^{١٢} وات) .

أما أجهزة الليزر من طراز نوفا وهيليوس فيعتبران من الجيل الثانى من هذه الأجهزة العملاقة وتم الانتهاء من بنائها فى عام ١٩٨٣ ، ويمكن بواسطتها إنتاج طاقة ضوئية مقدارها ٢٠٠,٠٠٠ إلى ٣٠٠,٠٠٠ جول فى نبضة ليزرية طولها الزمنى ٣×١٠^{-٩} ثانية .

وهناك أنواع أخرى من الليزرات الصلبة مثل الليزر البلورى المصنوع من النيودميوم والياج . وهذا النوع يعمل فى مدى الأشعة تحت الحمراء بطول موجى ١,٠٦ ميكرو متر ، كما أمكن بناء ليزر عملاق آخر فى ألمانيا سمى ليزر اليود ، وهذا الجهاز يولد طاقة ضوئية مقدارها ١٥٠,٠٠٠ جول .

وتختلف أجهزة الليزر العملاقة فيما بينها طبقا لمراحل التكبير

الضوئى لأشعة الليزر المولدة ، على سبيل المثال جهاز ليزر اليود يتم به تكبير شعاع الليزر حوالى ٣٥٠ مرة ضعف الشعاع الأصلى ، ويتم ذلك باستخدام ٥ مراحل مختلفة للتكبير ، بينما جهاز شيفا الأمريكى فيتكون من ٨ مراحل تكبير ، أما جهازى نوفا وهيليوس فلهما ٢٠ مرحلة تكبير للشعاع الليزرى .

وقد اتجهت مراكز البحوث فى الدول المتقدمة إلى التركيز على تطوير وبناء أجهزة الليزر العملاقة لاستخدامها فى توليد الطاقة النووية عن طريق الاندماج النووى ، وقد لجأ بعض العلماء إلى تطوير أنواع أخرى يمكن استخدامها فى فصل النظائر المخصبة فى عنصر اليورانيوم ، والتى تستخدم فى توليد الطاقة عن طريق الانشطار النووى .

ولكى نوضح كيفية استعمال الليزر فى تخصيب اليورانيوم ، دعنا نتذكر أن عنصر اليورانيوم له نظيران : **أحدهما** خامل ويسمى يورانيوم ٢٣٨ ونسبته فى الطبيعة ٩٩,٣٪ ، **والآخر** خصب (نشط) ويسمى يورانيوم ٢٣٥ ونسبته فى الطبيعة ٠,٧٪ ، ولكى يتم توليد الطاقة النووية عن طريق الانشطار ، يجب فصل اليورانيوم الخصب من عنصر اليورانيوم الخامل .

وعادة يتم فصل النظائر المخصبة فى عنصر اليورانيوم باستخدام مفاعلات نووية تعتمد أساسا على التفاعل الكيميائى لمركبات عنصر

اليورانيوم ، إما عن طريق الانتشار الغازى أو عن طريق قوة الطرد المركزية للغازات ؛ ويستخدم فى ذلك أحد مركبات اليورانيوم الكيميائية مثل يورانيوم هيكسا فلوريد . "Uranium Hexafluoride" الذى يصبح غازاً عند درجة حرارة ٥٦ مئوية .

وعند انتشار هذا الغاز تترسب الذرات الثقيلة والتى يمكن فصلها بعد ذلك عن باقى الغاز واستخدام المفاعلات النووية لهذا الفرض يكون باهظ التكاليف (ثمن المفاعل الواحد حوالى ألف مليون دولار أمريكى) هذا بالإضافة إلى أن نسبة الفاقد فى كمية اليورانيوم المخصب التى يتم إنتاجها تصل إلى ٤٠٪ ، مما يجعل استخدام الطاقة النووية فى الأغراض السلمية مكلفا للغاية بالمقارنة إلى تكاليف أنواع أخرى من مصادر الطاقة .

وعمليًا يمكن فصل النظائر فى أى عنصر باستخدام أشعة الليزر المنتخبة ، بشرط أن يكون هذا العنصر قابلاً للتفاعل كيميائيا مع مواد أخرى ، بحيث يسهل استخراجه ، والفكرة تعتمد على إنتاج بخار ذرى من عنصر اليورانيوم عن طريق التسخين ، حيث إن التركيب الخاص بمستويات الطاقة الالكترونية فى ذرات اليورانيوم مختلف فى كل نظير عن الآخر ، تبعا لحجم النواة بها .

وعلى هذا الأساس يمكن انتخاب شعاع الليزر عند طول موجى محدد لإثارة أو تهييج ذرات اليورانيوم ٢٣٥ دون ذرات اليورانيوم ٢٣٨ ، وباستخدام مجال كهربائى يمكن تأيين هذه الذرات المتهيجة

بالكامل ، وتتفاعل الأيونات الموجبة لليورانيوم ٢٣٥ كيميائيا مع أحد المواد ويتم فصلها عن الذرات الأخرى الغير المتهيجة ، والمشكلة التى تعترض هذه الطريقة متعلقة بكيفية إنتاج البخار الذرى من عنصر اليورانيوم ، حيث يحتاج ذلك إلى حرارة مرتفعة ، بالإضافة إلى أن البخار الذرى من هذا العنصر المشع تكون فى منتهى الخطورة وتحتاج إلى إجراءات أمنية معقدة .

وما زالت الأبحاث جارية فى هذا المجال ، ويعتقد المحللون والخبراء العلميون أن استخدام الليزر فى تخصيب اليورانيوم له فوائد كثيرة أهمها تقليل الفاقد من هذا العنصر الهام تصل إلى ١٠٪ ومن المتوقع أن يعمم استخدام الليزر فى المستقبل القريب لتوليد الطاقة النووية عن طريق الانشطار والاندماج النوويين وبأسعار اقتصادية .

الفصل الرابع

أشعة الليزر وتكنولوجيا الاتصالات

بداية ، ومنذ القدم تطلع الإنسان إلى تطوير مجال الاتصالات . وقبل أن تكتشف الكهرباء ، أمكن استخدام الضوء فى هذا المجال الهام بغرض التراسل ، وذلك بواسطة الإشارات الضوئية المتولدة من النيران . وتبع ذلك اختراع « السيمافور » « أعمدة الإشارات على قمم الجبال » .

وخلال القرنين السابقين أمكن تطوير وسائل الاتصال بغرض نقل المعلومات والرسائل فى أسرع وقت .

وبالرغم من اختراع التلغراف ، إلا أن الجهود استمرت فى البحث من أجل تطوير التكنولوجيا السمعية والبصرية فى مجال الاتصالات ، وقد تمكن العالم الكسندر جراهام بل سنة ١٨٨٠ من اختراع جهاز « التليفون » وذلك عن طريق نقل موجات الصوت خلال الكابلات السلكية .

ومنذ اكتشاف الأشعة الكهرومغناطيسية وخصائصها فى نقل المعلومات ، أمكن بواسطتها تطوير نظم الإشارات التليفزيونية التى

يمكن بواسطتها حمل آلاف من المعلومات ، بالطبع أكبر من تلك المعلومات التى يتم نقلها بواسطة التليفون أو التلغراف .

ومن المعروف الآن ، أنه كلما ازداد تردد الموجات الكهرومغناطيسية ، ازدادت بالتالى كمية المعلومات المنقولة ، على سبيل المثال ، تردد الموجات الضوئية يكون فى حدود ٨٠٠ تريليون هرتز (أى ٨٠٠ × $١٠^{٩}$ دورة موجية كاملة فى الثانية) ، بينما تردد الموجات الصوتية المنقولة عبر التليفون فهى بين ١٠٠٠ و ٤٠٠٠ هرتز . أما تردد الإشارات التليفزيونية فهى ٥٠ مليون هرتز . هذه الأرقام توضح لنا المقارنة فى نقل كمية المعلومات .

ومنذ البداية ، خلقت هذه الأرقام مشكلة ما يسمى « بعنق الزجاجة » . هذه المشكلة تتلخص فى أنه يمكن نقل كم هائل من المعلومات ، دون معرفة وسيلة النقل التى يمكنها حمل هذه الموجات الضوئية . وتكمن هذه المشكلة فى كيفية إيجاد المصدر الضوئى المناسب ، وأيضًا توفير وسيلة انتقال هذا الضوء .

والجدير بالذكر ، أنه فى مجال استخدام الضوء فى نقل المعلومات ، استطاع العالم جراهام بل سنة ١٨٨٠ (وبعد اختراعه لجهاز التليفون) أن يصنع جهاز اسمه « الفوتوفون » ، يمكن بواسطته نقل الموجات الصوتية باستخدام الأشعة الضوئية الشمسية ، وفكرة عمل هذا الجهاز تتلخص فيما يلى : عندما نسقط الموجات الصوتية

ذى الترددات المختلفة (النبذبات) على مرآة عاكسة للأشعة الشمسية ، مثبتة على رقائق من المطاط ، يتغير اتجاه المرآة بتغيير تردد الموجات الصوتية ، مما يسبب تشكيل الضوء بالنغمة الصوتية أو ما يسمى "Light Modulation" ، وتنتقل الموجات الصوتية عن طريق انتشار الضوء .

مشكلة جهاز الفوتوفون :

والمشكلة الحقيقية التى واجهت هذا الابتكار في ذلك الوقت ، هى كيفية تحويل الشفرة الصوتية مرة أخرى بعد تحليل الموجات الضوئية المستقبلة فى جهاز الاستقبال .

وفيما بعد أثبتت التجربة أن جهاز الفوتوفون غير عملى ، حيث أن الأشعة الشمسية يمكن حجبها وامتصاصها بواسطة طبقات الجو وأيضا عن طريق المتغيرات المناخية مثل : الأمطار والضباب والصقيع إلى آخر ذلك .

منذ ذلك الوقت ، أصبحت المحاولات الخاصة بتطوير هذا المجال من الاتصالات ضئيلة للغاية ، حتى جاء عصر الليزر والألياف البصرية وكانا بمثابة العهد الجديد لثورة الاتصالات .

عصر الألياف البصرية :

من المعروف لدينا ، أن الضوء ينتشر فى خطوط مستقيمة وفى الإمكان نقل الإشارات الضوئية خلال منحنيات طولية لشعيرات رقيقة

من الزجاج (مثلاً) . هذه الشعيرات تسمى بالألياف البصرية . ويشبه ذلك انتقال التيار الكهربائى عبر أسلاك التماس .

والفكرة الأساسية لانتقال الضوء عبر الألياف البصرية تعتمد على ظاهرة الانعكاس الكلى للضوء . ولكى نوضح ذلك ، نذكر أن الضوء ينتشر بسرعة فائقة (٣٠٠,٠٠٠ كيلومتر فى الثانية) خلال الفراغ أو الهواء ، وهذا هو أقصى مدى تصل إليه مقدار هذه السرعة . فإذا سقط الشعاع الضوئى على وسط ما ، كثافته البصرية أكبر من الهواء (كالزجاج مثلاً) ، فإن سرعة انتشار الضوء فى هذا الوسط تكون أقل منها فى الهواء ، أى أن مقدار سرعة انتشار الضوء فى المواد المختلفة يعتمد على ما يسمى بمعامل انكسار الوسط الذى يعرف بأنه النسبة بين سرعة انتشار الضوء فى الهواء إلى سرعته فى الوسط ، ومن المعروف أيضا ، أن الضوء ينتقل من الوسط الأقل كثافة بصرية إلى الوسط الأكثر كثافة والعكس غير صحيح ، هذا يعنى عندما ينتقل الضوء من وسط مثل الزجاج الذى يحده الهواء ، ويسقط الشعاع الضوئى بزاوية سقوط أكبر قليلاً من ما يسمى « بالزاوية الحرجة » فإنه يعانى انعكاسًا كليًا داخل الزجاج مرة أخرى .

هذه الظاهرة أمكن تطبيقها بنجاح عند صناعة الألياف البصرية ، حيث يستخدم فى ذلك نوعان مختلفان من مادة الزجاج ، أحدهما شديدة الكثافة البصرية (أى أن معامل انكسارها للضوء يكون كبيرًا) ويصنع منها رقائق قطرها صغير جدًا (بضعة من

الميكرمترات) وتسمى قلب الشعيرة (أو اللب) ، يكسوها طبقة أخرى من الزجاج أقل كثافة بصرية تسمى القشرة . وينتقل الضوء فى مسار مستقيم داخل قلب الشعيرة . فإذا اصطدم الشعاع الضوئى بالسطح الداخلى ، فإنه ينعكس كلية داخل اللب مرة أخرى ، وهكذا ينتقل الضوء عبر الألياف البصرية بواسطة الانعكاسات الكلية المتتالية بين الأسطح الجانبية الداخلية للشعيرة . ويثبت بين طرفى الشعيرة جهاز أرسال الإشارات الضوئية ، عادة جهاز ليزر خاص وفى الطرف الآخر جهاز استقبال ، يمكن بواسطته تحليل الشفرة الضوئية باستخدام بعض الخلايا الكهروضوئية (التى لها خاصية كهربية وضوئية) متصلة مع جهاز كمبيوتر .

ويحوى جهاز الإرسال مصدرًا ضوئيًا ، إما أن يكون أحد أنواع ليزر أشباه الموصلات "Semi Conductor Laser" (وهو عبارة عن بلورة من أشباه الموصلات حجمها صغير جدًا (مثل ذرة الملح) ، موضوعة داخل وعاء صغير يسمى (مذبذب الليزر) بين طرفيه مرآتان أو يستخدم بدلاً من جهاز الليزر ، جهازا آخر يسمى باعث الضوء الثنائى "LED" "Light Emitted Diode" ، وتبعث الأشعة من هذا الجهاز فى المدى الطيفى للأشعة تحت الحمراء ، لذا يطلق عليه عادة اسم "Infra - Red Emitted Diodes" أو (IRED's) .

أما جهاز الاستقبال ، يحتوى على كواشف ضوئية يمكن بواسطتها تحليل الشفرة الضوئية والحصول على المعلومات .

ويلعب معامل اضمحلال (فقدْ) الموجات نتيجة نفاذها خارج الألياف ، دورًا أساسيًا فى إمكانية وكفاءة استخدام تلك الألياف البصرية كوسط للتراسل .وكمية الاضمحلال تقاس عادة بوحدة اسمها الديسيبل "Decibel" (DB)وهى تعرف بمقدار ما تفقده الموجات نتيجة مرورها فى الألياف لكل كيلومتر .

وكلما زاد معامل الاضمحلال للوسط ، تسبب ذلك فى نفاذ الموجات وفقدها ، فى هذه الحالة يكون التراسل بهذه الوسيلة عبر مسافات قصيرة ومحدودة الاستخدام . وقد ظهر مؤخرًا ، أن معامل الاضمحلال الذى يحدث نتيجة نفاذ الموجات فى الزجاج المستخدم فى صناعة الألياف ، ليس خاصية من خصائص المادة ، إنما هو نتيجة وجود شوائب . إذ أن الفقد الذاتى للمادة النقية تمامًا يحدده فى النهاية مقدار تشتيت الأشعة نتيجة مكونات المادة ذاتها ، وهذا ما يسمى بتشتت « رايلى » . ومقدار التشتت وجد أنه يتناسب عكسيًا مع الأس الرابع لطول الموجة الضوئية ، وعلى ذلك ، يمكن القول إن معامل الفقد يقل بزيادة الطول الموجى ، وبالتالى أصبح التخلص من الشوائب هو المدخل نحو صناعة ألياف بصرية مناسبة للتراسل الضوئى ، والألياف البصرية نوعان هما :

النوع الأول : يسمى الألياف البصرية أحادية المنوال "Single Mode Fibers" وتتميز هذه الألياف بأن معامل انكسار قلب الشعيرة

للضوء يكون ثابتًا ، ولذلك يحمل هذا النوع من الألياف خاصية واحدة من الموجات الضوئية .

أما النوع الثانى : ويسمى الألياف متعددة المنوال "Multi modes Fibers" ، وتتميز بأن معامل انكسار قلب الشعيرة يتغير من أعلى قيمة له عند مركز الشعيرة ، ويقل تدريجيًا إلى أن يصل إلى السطح ، ويستطيع هذا النوع من الألياف أن يحمل المئات من الموجات الضوئية مختلفة المنوال .

نظم الاتصالات الضوئية :

وعلى ذلك ، فإن نظم الاتصالات الضوئية تختلف عن مثيلاتها التقليدية والتى تستخدم موجات الراديو فى عدة نقاط هى :

(أ) طبيعة المكونات والمركبات الضوئية :

وهى تختلف تمامًا عن مثيلاتها من الأنظمة الأخرى من حيث تكنولوجيا التصنيع وإمكانية الاستخدام .

(ب) الانتشار الموجى :

ونظرًا لأن طول الموجة الضوئية المرئية وغير المرئية (مثل الأشعة تحت الحمراء وفوق البنفسجية) ، يقترب من أبعاد الجزئيات المتواجدة فى طبقات الجو ، الأمر الذى يجعل انتشار هذه الموجات صعبًا للغاية ، ويجعل أيضًا تجنب الضوضاء الناتج عن مصادر الضوء التقليدى المحيط مستحيلاً .

(جـ) الكاشف الضوئى :

طبيعة الكاشف الضوئى تضع حدًّا أدنى لحساسية المستقبل ، لا يمكن تجاوزه بتقليل الضوضاء الجانبية والداخلية بالنسبة لمستوى الإشارة المستقبلة .

وهذا الأسلوب يزيد من حساسية أجهزة الاستقبال ومن مميزات تطوير نظم الاتصالات الضوئية :

١ – تحسين أمانة نقل المعلومات .

٢ – زيادة حجم المعلومات التى يمكن نقلها .

٣ – زيادة المسافة بين محطات الإرسال .

وقد أمكن فى الوقت الحاضر تصنيع ألياف بصرية ذات معامل اضمحلال يصل إلى ٠,٢ ديسيبل/ كم باستخدام مادة النسليكا ، ويجرى حاليًا أبحاث علمية مكثفة بغرض تصنيع ألياف من مواد زجاجية أخرى تعرض خفض معامل الانضمحلال ليصل إلى ٠,٠٠١ ديسيبل/ كم ، وبالتالى تزداد مسافة الاتصال ، ويقل عدد محطات التقوية المستخدمة فى الاتصالات بعيدة المدى .

وقد أمكن حاليًا نقل ٥٦٥ مليون نبضة ليزرية فى الثانية الواحدة ، يحتمل أن تزداد إلى ٢ ميجا نبضة ليزرية (أى ٢ × ١٠^٩ نبضة ليزرية فى الثانية) علاوة على ذلك فإن الألياف تصنع من مواد عازلة لا تتأثر بالموجات الكهرومغناطيسية والضوضاء المحيط بها ، وذلك يعطيها

مميزات عديدة لتحقيق الاتصالات بكفاءة عالية .

ومن أهم الإنجازات فى هذا المجال هو :

(أ) الحماية من التصنت :

نظرًا لعدم انتشار الموجات الضوئية خارج الألياف المستخدمة ، فإن إمكانية التصنت تصبح مستحيلة ، كما أن ظاهرة السمع المتبادل الموجودة فى الوسائل الخطية التقليدية تختفى تمامًا .

(ب) تقليل الحجم وخفة الوزن :

فى مجال الاتصالات يكون حجم هوائى الاستقبال متناسبًا مع طول الموجة المرسلة ، وفى مجال الاتصالات بواسطة الليزر يكون حجم هذا الهوائى متناهى الصغر بالمقارنة بما هو مستخدم فى النظم التقليدية ونظرًا لأن قطر الألياف البصرية صغير جدًّا بالمقارنة بالكابل التقليدى الذى يتعدى قطره أربعة سنيتمترات ويحتوى على ٩٠٠ زوج من الأسلاك ، إلا أن هذه الألياف تحمل خلالها كمًّا هائلا من المعلومات .

ومن ناحية الوزن فإن كابلا من الالياف البصرية وزنه ١,٥ كيلو جرام يمكن أن يحل مكان كابل من الأسلاك النحاسية التقليدية وزنه ١٠٠ كيلوجرام .

ولذلك فإن قلة الحجم وخفة الوزن تعطى مميزات كثيرة لكافة الأغراض خاصة فى استخدام سفن الفضاء والطائرات والصواريخ .

كما أنها تقدم وفرًا اقتصاديًا فى عمليات النقل وتخزين المعلومات ومازالت الأبحاث جارية فى هذا المجال الهام ، والأمل معقود على علمائنا العرب للحاق بهذا الركب الحضارى .

ومن أهم العمليات التي تستخدم فى نظم الاتصالات البصرية الخاصة بنقل الإشارات والشفرات بواسطة أشعة الليزر هى عمليات التضمين الليزرية "Laser Modulation" والتضمين الليزرى نوعان هما :

(أ) التضمين الليزرى الداخلى : **"Internal Laser Modulation"**

وفى هذه العملية ، يتم تحميل الإشارات على الحزمة الليزرية داخل وعاء (مرنانة) الليزر .

(ب) التضمين الليزرى الخارجى **"External Laser Modulation"**

فى هذه العملية ، يتم تحميل الإشارات على الحزمة الليزرية خارج وعاء (مرنانة) الليزر .

وتعتمد صيغة التضمين الداخلى على التغير الصغير الذى تحدثة الأجزاء المضافة للطول الفعال لمرنانة الليزر . فى هذه الحالة ، فإن تردد نمط الحزمة الليزرية المنطلقة من مولد الليزر يعتمد على طول المرنانة وكيفية حدوث التغيير ، ويتحقق ذلك بالاستعانة بظاهرة تسمى تأثير بيزو الكهربائى "Piezoelectric Effect" وهى ظاهرة تغيير أبعاد المواد البلورية عند التأثير عليها بفولتية محددة ؛ ويتم ذلك بجعل هذه البلورة جزءا من المرايا التى تحدّ جانبى مرنانة الليزر ،

هذه الطريقة ، تسبب تغيرا قد يصل إلى نصف الطول الموجى لأشعة الليزر المستخدم . فى حالة استخدام ليزر الهيليوم + النيون المميز بطول موجى مقداره ٦٣٢٨ انجستروم فإن مقدار التغيير يساوى ٣ × ١٠^-٥ سم . أى أن التردد الموجى يتغير بمقدار ١٥٠ ميجاهيرتز .

كما يمكن تحقيق التضمين الليزرى الداخلى باستعمال التضمين المغناطيسى . أما التضمين الليزرى الخارجى ، فيعتمد على ظاهرتى الاستقطاب الضوئى "Light Polarization" وازدواجية الانكسار الضوئى "Bi-refringence" ، هذا بالإضافة إلى طريقة انحراف الحزم الضوئية .

ويمكن إجراء عمليات التضمين للإشارات بواسطة الليزر بالطرق الآتية :

١ – التضمين السعوى

Amplitude Modulation

٢ – التضمين الترددى

Frequency Modulation

٣ – التضمين النبضى الشفرى (الكودى)

Pulse Code Modulation

وفيما يلى نستعرض كيفية تحقيق التضمين باستخدام هذه الطرق .

التضمين السعوى :

فيمكن إجراء عملية التضمين الليزرى السعوى بواسطة ما يلى :

(أ) تضمين الضخ :

وفى هذه الطريقة ، يتم تضمين شدة الحزمة الضوئية الليزرية بواسطة مغلاق "Shutter" ميكانيكى ، وتتصف هذه الطريقة بمحدودية السرعة ، وانخفاض عرض النطاق الترددى . ويمكن الحصول على نُطق ترددية عريضة عن طريق تضمين مصادر ضخ الطاقة المستعملة فى استثارة المادة الفعالة فى مولد الليزر . على سبيل المثال ، أمكن تضمين ليزرات أشباه الموصلات بهذه الطريقة حتى تردد مقداره ١٠^١٠ هرتز ، وذلك عن طريق تضمين شدة التيار الكهربائى المستخدم فى ضخ (تشغيل) مولد الليزر .


(ب) التضمين الكهرو بصرى Electro-Optic Modulation

وأساس هذه الطريقة وقرينتها المغنيطو بصرية "Magneto-Optic" تعتمد على حدوث تغير فى معامل الانكسار "Refractive Index" للمادة عند تسليط مجال كهربائى أو مجال مغناطيسى عليها ، وتسمى هذه الظاهرة « بتأثير كير » "Kerr - Effect" و « تأثير بوكيل » "Pockels Effect" . ونستفيد من ظاهرة تغير معامل الانكسار مع تبدّل المجال فى عمليات التضمين الليزرى ، حيث يمكن ضم المادة البلورية هذه ، إلى تركيب مولد الليزر ، ثم بعد ذلك يُسلّط مجال كهربائى أو مغناطيسى ، تردده له علاقة مباشرة بتردد الإشارة المراد تضمينها ، على هذا الأساس ، يتم تضمين أشعة الليزر المارة خلال البلورة ، التى

يتغير معامل انكسارها بموجب الإشارة المراد تضمينها ؛ وتستخدم طريقة التضمين الكهرو بصرية داخل أو خارج مرنانة الليزر ، وبذلك تتميز هذه الطريقة بتحقيق التضمين الليزرى الداخلى أو التضمين الليزرى الخارجى .


فى هذا النظام ، عادة تستخدم « خلية كير » "Kerr Cell"، التى تتألف من سائل نتريت البنزين النقى الشفاف "Nitrobenzene" موضوع بين قطبين كهربائيين (Electrodes) . انظر الشكل التوضيحى رقم (١) .

وعندما يسلط فرق جهد كهربائى بين القطبين الكهربائيين ، يقوم السائل بتدوير مستوى الاستقطاب للضوء المار خلاله . ويتناسب مقدار هذا الدوران مع طول خلية كير ومع مربع فرق الجهد الكهربائى بين القطبين ، هذه العملية تسمى التضمين الاستقطابى "Polarization Modulation". ويمكن تحويل التضمين الاستقطابى إلى تضمين سِعَوِى ، وذلك بإمرار الحزمة الضوئية خلال مستقطب (Polarizer)، والتضمين بهذه الطريقة محدد ببضعة من الميجاهرتز ، وذلك بسبب الثابت الزمنى لخلية كير نفسها ، وللحصول على ترددات تضمين أعلى ، يجب زيادة مسافة التداخل ، وذلك باستحداث خط انتقال للأشعة الضوئية محاط بعازل يتغير مع الزمن والتى يمكن لخلية كير أن تمثل ذلك . **ويوضح الشكل (٢)** ، كيفية استخدام الظاهرة الكهروبصرية ، لتحقيق تضمين ليزرى داخلى وذلك بالاستعانة بخلية



الشكل ١ : تضمين بالعلو لحزمة ضوء ليزرى مجهز بخلية كير

Amplitude modulation of laser beam with Kerr cell



استخدام الظاهرة الكهروبصرية لتحقيق تضمين داخل بالاستطاعة بخلية بوكيل

Electro-optic internal modulation of the output of a gas laser

الشكل (٢)


بوكيل ، المستثارة طوليا "Longitudinally Excited" .

هذه الخلية وضعت داخل تجويف المرنانة الليزرية ، وتقوم الخلية بتدوير أو تغيير اتجاه مستوى الاستقطاب للضوء المنعكس عند تسليط فولتية محددة عليها .

وبناء على ذلك ، فإن الضوء المار خلال خلية بوكيل من اليسار إلى اليمين (والذى تعرض إلى انعكاسات عند مرايا المرنانة) سيتعرض ثانية إلى تدوير إضافى بالاستقطاب ، وذلك عند عودته مرة أخرى من خلال الخلية ، وعندما يتم تدوير مستوى الاستقطاب بمقدار ٩٠ درجة ، تجرى عملية إخراج لهذا الضوء من المرنانة ويستعان فى ذلك بما يسمى نافذة برويستر (Brewster Window) وهى إحدى المكونات الأساسية البصرية المستخدمة فى تركيب مرنانة الليزر خاصة فى حالة الليزرات الغازية .

هذه المنظومة تعطى نسبة مئوية تضمنية وكفاءة عاليتين ، إضافة إلى إمكانية تحقيق تضمين فى نطاق ترددى واسع (Broadband Modulation) .

كما يمكن استخدام خلية بوكيل المستثارة طوليًا فى إجراء عمليات التضمين الليزرى الخارجى ، **كما هو موضح فى الشكل (٣)** ، يلاحظ أحيانًا فى بعض الليزرات أن الضوء النافذ غير مستقطب ، فى هذه الحالة ، يوضع مستقطبان للضوء على جانبى خلية بوكيل



توزيع الأجزاء في الليزر لتحقيق تضمين كهروبصري خارجي

Arrangement of components for external electro-optic modulation of a laser

الشكل (٣)

الموضوعة خارج مرنانة الليزر ، ويتم تثبيت خلية بوكيل ، بحيث يكون محور المستقطبين يميل بزاوية ٤٥ درجة بالنسبة إلى الحزمة الليزرية الداخلة إلى الخلية ، فى هذه الحالة ، يكون الضوء الخارج متألفًا من أربعة مكونات أساسية ، زوج منها مستقطب بزوايا متعامدة على مستوى الاستقطاب للمستقطب الثانى ، والزوج الآخر ، يكون مستقطبا فى نفس الاتجاه لمستوى الاستقطاب . ويلاحظ أن الإشعاعات الأولى تمر ، بينما تحجب الإشعاعات الثانية ، ويحدث تداخلا بين زوج الإشعاعات المتنقلة ، بحيث تعتمد الشدة الضوئية الناتجة على الفرق الطورى فيما بينها ، وأحيانا يكون التداخل هداما ، عندئذٍ ، تكون الشدة الضوئية مساوية صفر وأحيانا أخرى يحدث تداخل بناء ، وتكون الشدة الضوئية عند أقصى قيمة لها . ويمكن التحكم بالشدة الضوئية الخارجية بتغير الفولتية المطبقة على خلية بوكيل ، وهكذا ترى ، كيف أن شدة الضوء الليزرى المار خلال خلية بوكيل ، يمكن تضمينة عند الربط بين تردد الإشارة المراد تضمينها وترحيلها وتردد المجال الكهربائى المطبق على الخلية ويمكن الاستعانة حاليا ببعض البلورات مثل :

Amnonium Dihydrogen Phosphate (ADP)

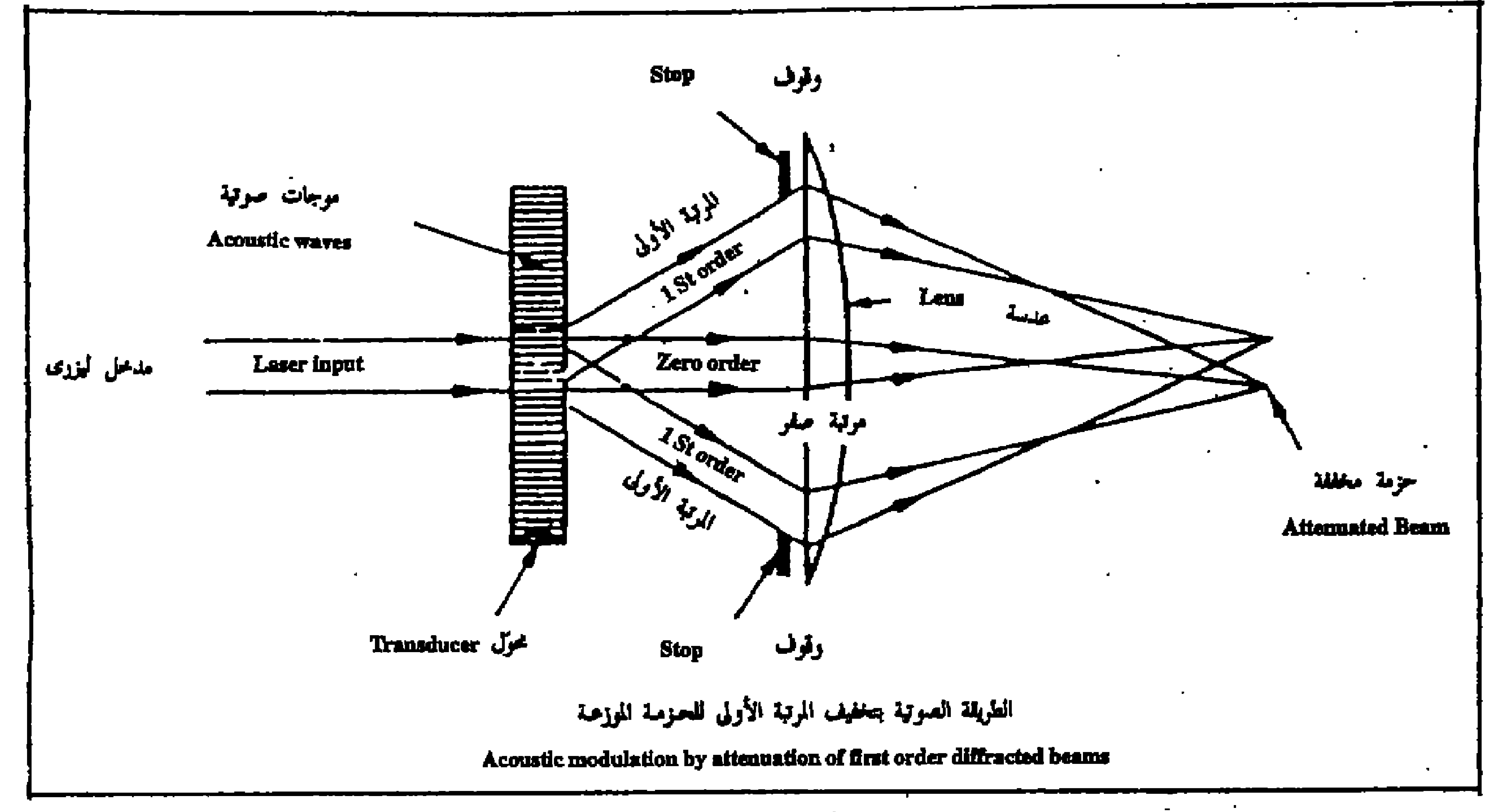
و

Potassium Dihydrogen Phosphate (KDP)

فى عمليات التضمين الليزرى .

(جـ) التضمين الصوتى : Acoustic Modulation

اكتشف العلماء أن معامل انكسار بعض المواد يتغير إذا تعرضت إلى موجات صوتية تضاغطية . Compression Acoustic Waves فى هذه الحالة ، تسلك المادة سلوكية المحزوز الحيودى (Diffraction Grating) خاصة عندما يكون الطول الموجى للموجات الصوتية مقاربًا للطول الموجى للضوء ، فإذا سقطت حزمة ضوئية ليزرية على المادة ، فإنها تنشطر ويتكون عدد من الأهداب الضوئية . وتعرف هذه الظاهرة للمادة وهى فى الحالة السائلية بظاهرة ديباى – سيرز (Debye-Sears) أما فى حالة المواد الصلبة فتدعى ظاهرة رامان – ناث (Raman - Nath) . وتستغل هذه الظاهرة فى أغراض التضمين الليزرى ، **وكما هو موضح بالشكل ٤** ، عند مرور الأشعة الليزرية موازية للسطح الحاوى على الهدب الصوتية (Acoustic Friuges) فينتج عن ذلك ، حزم ضوئية ذات مرتبة (زائد واحد وناقص واحد) بالإضافة للحزم الضوئية المذكورة ، وسيكون هناك ضوء عابر مباشرة ذات المرتبة الصفرية ، بواسطة العدسة الثانية ، يحدث اندماج (Recombination) لحزمة الضوء ذات المرتبة الأولى الموهنة مع الحزمة الضوئية المباشرة غير المتأثرة ، ذات المرتبة الصفرية ،وينتج عن ذلك جبهة موجية مستوية "Plane Wave Front" ذات كثافة متباينة نسبة إلى الضوء العابر خلال المحزوز الصوتى . ويمكن تغير زاوية الحيود الضوئى بتغيير التردد الصوتى الذى يطرأ على الحزم الضوئية ذات المرتبة الأولى والتى تكون مسئولة عن تضمين خارج الليزر .



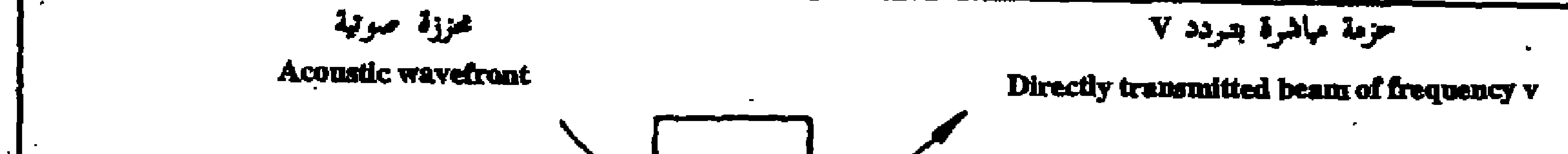
الطريقة الصوتية بتخفيف المرتبة الأولى للحزمة الموزعة

Acoustic modulation by attenuation of first order diffracted beams

الشكل رقم (٤)

التضمين الترددى : يمكن إجراء عمليات التضمين الترددى لأشعة الليزر عن طريق تغير طول الحيز الفعال لمرنانة الليزر ، ونتيجة لذلك يتغير تردد الأنماط الرنينية له ، ويمكن تحقيق ذلك بواسطة بلورة بيزو الكهربائية "Piezo electric Crystal" ، حيث تتمدد وتتقلص على امتداد أبعادها فى اتجاه عمودى على الفولتية المسلطة . وعن طريق التغير المستمر لمقدار الفولتية يحدث اهتزازات على سطح البلورة . هذه الاهتزازات تؤدى إلى تغير طول الحيز للمرنانة الليزرية وذلك باستعمال مرآة مثبتة على سطح البلورة .حيئنذٍ يمكن الاستفادة من حركة المرآة فى تضمين الحيز الرنان لمولد الليزر . تعتبر هذه الطريقة مناسبة بمعدل تضمينى ترددى مقداره 1 MHZ (واحد ميجاهرتز) ، عند هذا المقدار الترددى ، تصبح كتلة المرآة عائقاً رئيسيا فى عمل جهاز التضمين ، وبناء على ذلك ، لا تصلح هذه الطريقة عند الترددات العالية .

ومن إحدى الطرق الشائعة والمستخدمة فى التضمين الليزرى الترددى هى طريقة التضمين الصوتى بزاوية براج (Bragg Angle Acoustic Modulation) ، فى هذه الطريقة يسمح بسقوط الحزمة الليزرية على محزوز بزاوية ما أقل من ٩٠ درجة (**كما هو موضح بالشكل ٥**) ، يلاحظ أن الزاوية التى تميل بها هذه الأشعة تعتمد على الأطوال الموجية الصوتية وأيضا تعتمد على الخصائص الفيزيائية لبلورة بيزو الكهربائية والبصرية وعند زاوية براج الحرجة التى يسقط بها الشعاع الليزرى على البلورة ، يحدث انعكاس للضوء يسمى



حزمة صوتية
Acoustic wavefront
حزمة مباشرة بتردد V
Directly transmitted beam of frequency v
θ
حزمة ليزرية
بتردد v
Laser beam frequency v
حزمة براك معكوسة
بتردد v - v
Bragg reflected beam of frequency v - v
بلورة بيزو – الكتريك
Piezo - electric crystal
تضمين صوتي بزاوية براك
Acoustic modulation using reflection at the Bragg angle

الشكل (٥)

بانعكاس براج . عندئذٍ ، سوف تعمل سطوح الهدب (Fringe Plane) مقام المرايا العاكسة جزئيًا ، وبالتالى تنعكس نسبة كبيرة من الضوء الساقط ، وتندمج هذه الموجات المنعكسة والموجات المتنقلة خلال البلورة لينتج عنهما ما يسمى بالحاملة أو (Carrier) ، هذه الموجات الحاملة ذو نطاق ترددى جانبى منفرد (Single Side Band) .

التضمين بالشفرة النبضية (Pulse Code Modulation):

وترتكز نظرية التضمين بالشفرة النبضية على تحرير رتل من النبضات المنتظمة التباعد ، وذلك عن طريق ترحيل أو إلغاء نبضات معينة ، وتعتبر هذه المنظومة ثنائية الترقيم (Binary) . وتتم عملية الكشف والاستعادة الكودية للشفرة بواسطة جهاز الاستقبال فى هذه المنظومة ، والدور الرئيسى للمكشاف هو تحديد وجود النبض الضوئى من عدمه ، وتعتبر هذه الخاصية على درجة كبيرة من الأهمية عند نقل المعلومات ، خاصة عندما تكون ظروف انتقال هذه المعلومات من خلال وسط ناقل غير جيد . ويمكن الحصول على النبضات بسهولة باستعمال مولد ليزرى ، وذلك عند تضمين معامل كسب المرنانة بتردد يماثل التباعد الترددى للأنماط المحورية (Axial Modes) ، ويتم ذلك بإضافة بلورة (KDP) (الذى سبق الإشارة إليها) داخل مرنانة الليزر ، وتتألف خرجة الليزر فى هذه الحالة من رتل من النبضات ذات تباعد زمنى متساو .

ويعتمد التباعد الترددى بين النبضات على عدد الأنماط المحورية ، والأسلوب المتبع فى تحقيق التضمين بالشفرة النبضة يمكن تلخيصة كما يلى :

عندما يفوق كسب الليزر على ما فقده ، يبدأ النمط المحورى الأقرب إلى مركز منحنى الكسب بالتذبذب ،وإذا كان الليزر مضمنا داخليا عند تردد مماثل تباعد النمط المحورى ، عندئذٍ ، سوف تتولد على جانبى النمط المحورى المركزى ، ترددات محاذية إلى الأنماط المحورية ، وعندما تتذبذب التوافقيات والأنماط المحورية بطور موجى متساو ، فإن الأنماط المحورية المتقاربة تبدأ بالتذبذب بنفس الطور مع النمط المركزى حالما يكون الكسب كافيًا ، وتتكرر هذه العملية مع كل الأنماط المحورية ، فى هذه الحالة ، يمكن اعتبار الليزر مشعًا لأطوال موجية متوافقة مع كل نمط محورى ، ومن الممكن لهذه الموجات أن تتداخل عند ارتحالها من الليزر ، وتكون النتيجة الحصول على النبضات التى تمثل شكل التداخل الضوئى المرتحل "Propagating Interference Pattern" لكافة الأنماط المحورية .

وفيما يلى نستعرض منظومة عملية لتحقيق التضمين بالشفرة النبضية ، فى هذه المنظومة يستعمل مولد ليزر الهيليوم + النيون المضمن عند تردد موجى مقداره ٢٢٤ ميجاهرتز (٢٤٤ × ١٠^٦ هرتز) ، هذا المولد يطلق نبضة كل ٤,٥ ثانية ، وعرض النبضة الضوئية يساوى ٠,٦ نانوثانية (٠,٦ × ١٠^-٩ ثانية) . ويرتبط هذا الرتل بمنظومة

كهروبصرية والتى تعمل على تضمين وتحوير هذه النبضات .
ونظرًا إلى تباعد النبضات مع بعضها بالمقارنة بعرض النبضة ، فسيكون بالإمكان حدوث مساهمة زمنية (Time Multiplex) بما يقارب أربعة مجموعات من النبضات ، عندئذٍ يمكن الحصول على تساهم زمنى لأربعة قنوات دون حدوث تداخل ما بين القنوات المتجاورة ، وفى منظومة النقل ذات القناتين يتم شطر خرج الليزر بمضمنين مختلفين ، كل مضمن يعمل كبوابة أساس تركيب كل منهما هو بلورات تنتالات الليثيوم (Lithuim Tantalate) والتى يدخل الليزر إليها بزاوية مقدارها ٤٥ درجة بالنسبة إلى المحور البصرى للبلورة وبالتالى تنتقل الموجات فى اتجاه عمودى على المحور البصرى ، عند تنبيض البلورة ، يمكن تدوير الحزمة الضوئية بزاوية مقدارها ٩٠ درجة ، وفى حالة غياب النبض الكهربائى المسلط على البلورة ، فإن المحلل الضوئى سوف يحجب الحزمة الضوئية .ويتم تحقيق التساهم الزمنى للقناتين على مرحلتين ، أولهما تبدأ بتدوير الاستقطاب لأحد القناتين بزاوية ٩٠ درجة بالنسبة إلى الأولى وثانيهما هو القيام بتأخير أحد الحزم الضوئية نسبة إلى الحزمة الضوئية الأخرى ، ثم تحرر كلا الحزمتين على بلورة استقطابية ، بحيث يتألف الخرج الليزرى من مجموعتين من النبضات المتساهمة زمنيًا ، وكل مجموعة منها مستقطب فى اتجاه عمودى ، وأخيرًا عند تسليط نبضات توقيتية إلى مقلاد استقطابى (مفتاح استقطابى) ، يتم تدوير مستوى الاستقطاب بين كل نبض وآخر قبل النقل ، بحيث يتم إرسال حزمة

ضوئية مستقطية وخطية .

بعد الانتقال إلى طرف الاستقبال بواسطة وسيط مناسب مثل (الفضاء أو الألياف البصرية) تجرى عملية الكشف وفك الشفرة التساهمية ،وتتحقق عملية الكشف هذه ، بتسليط نفس النبضات التوقيتية (Clock Pulses) إلى مفتاح استقطابى ، يفصل بين النبضات المختلفة عن بعضها بواسطة مرشح استقطابى ، وعادة يستخدم ثنائى ضوئى انهمارى (Avalanch Diode) .

الفصل الخامس

أشعة الليزر والتصوير المجسم

تتميز الموجات الضوئية الصادرة من الشمس أو المصابيح الضوئية التقليدية بعدة ظواهر هامة مثل : الانعكاس والانكسار والتداخل والحيود والاستقطاب الضوئى والفضل الكبير فى تفسير هذه الظواهر الضوئية ، يعود إلى العالم الفيزيائى الأسكتلندى جيمس كلارك ماكسويل ، الذى وضع فروض النظرية الكهرومغناطيسية فى منتصف القرن الثامن عشر ، ونحن نعرف الآن ، أن الضوء المرئى وغير المرئى هو عبارة عن موجات كهرومغناطيسية مثل موجات الراديو لكنها بأطوال موجية قصيرة . فالضوء المرئى يكون فى المدى الطيفى بين ٤٠٠٠—٧٠٠٠ أنجستروم (الأنجسنروم = ١٠$^{-١٠}$ متر) ، أما الضوء غير المرئى مثل الأشعة تحت الحمراء فيزيد الطول الموجى لها عن ٧٠٠٠ انجستروم ، ويصل إلى نصفه من الميكرومترات ، ويكون الطول الموجى للأشعة فوق البنفسجية فى المدى بين ٢٠٠٠—٤٠٠٠ أنجستروم .

وتتميز هذه الموجات الكهرومغناطيسية بالتردد والسعة والطور الموجى ، حيث وجد أن التردد الموجى يتناسب عكسيا مع الطول

الموجى ، ويتناسب طرديا مع الطاقة الموجبة وتعتمد عمليات التصوير ، بصفة عامة على ظاهرتى التداخل والحيود الضوئى .

معنى التصوير المجسم :

والتصوير المجسم هو عبارة عن طريقة لتخزين صور الأشكال المختلفة على الفيلم ، ولكن بطريقة تختلف عن الطرق التقليدية باستخدام التصوير الفوتوجرافى ، وتعتمد هذه الطريقة أساسًا على تغيير السعة والطور الموجيين . ومن المعروف أنه فى عمليات التصوير الفوتوجرافى ، يستعان بمصدر للضوء الأبيض ، عادة تكون أشعته غير متوافقة Incoherent ويمتد طيفه الموجى من الأشعة فوق البنفسجية وحتى مدى الأشعة تحت الحمراء ، ولذلك لا يمكن تسجيل أبعاد العمق (التجسيم) للشىء المنظور ، أما فى طريقة التصوير الليزرى المجسم Holography فإن تفاصيل المنظور يتم إضاءتها بالضوء الليزرى ،حيث يتم احتواء تفاصيل التعرجات النسبية للجسم المنظور ، وأعماق أجزائه . والحقيقة فى ذلك ، أن العين ترى الضوء المنعكس إليها من الأجسام ، وهذا يعنى من وجهة نظر الفيزياء ، أنه عند سقوط الأشعة الضوئية على الجسم ، تتولد ما يسمى « بجبهة الموجة » من الجسم . وتنتشر جبهة الموجة تلك فى عكس اتجاه سقوط الأشعة الضوئية وجبهة الموجة تحتوى على كافة المعلومات والتفاصيل الخاصة بالجسم ذاته ، ويمكن للمخ ترجمة هذه الشفرة الضوئية عندما تصل

جبهة الموجة إلى العين ، وبالتالى نستطيع أن نرى الأجسام .

تسجيل الموجه المنعكسة :

ولكى تتضح عملية التصوير ، نفرض أنه بالإمكان تسجيل جبهة الموجة المنعكسة من الجسم ، كما هى بالضبط على مستوى سطحى موضوع أمامها ، فى هذه الحالة تتكون خطوط عريضة من الشرائح الضوئية فى الوضع الأفقى أمام العين ، بعد فترة وجيزة ، تتولد جبهة موجة أخرى من هذا السطح ، والتى عندما تصل إلى العين ، ترى صورة مسطحة لنفس المشهد الحقيقى ، هذه الصورة تكون نتيجة توليد لجبهة الموجة الأصلية المنعكسة من الجسم .

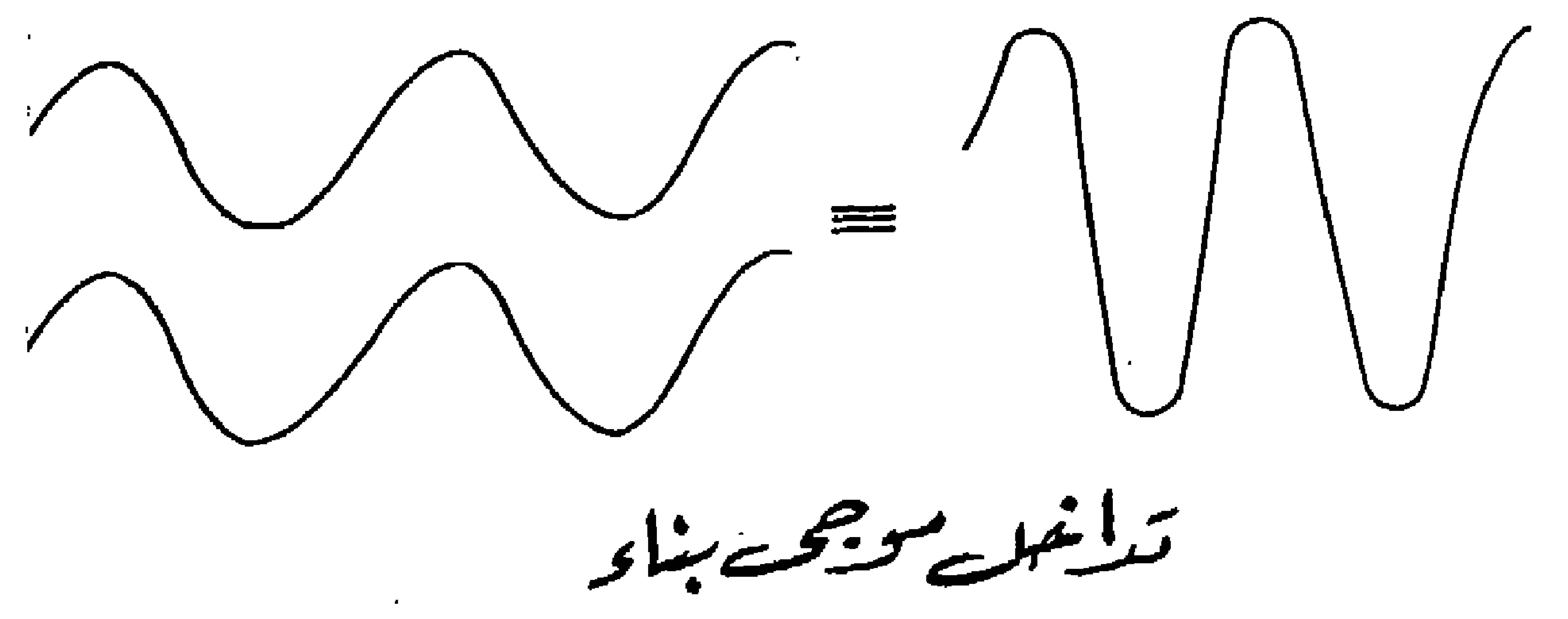
الخدع التصويرية :

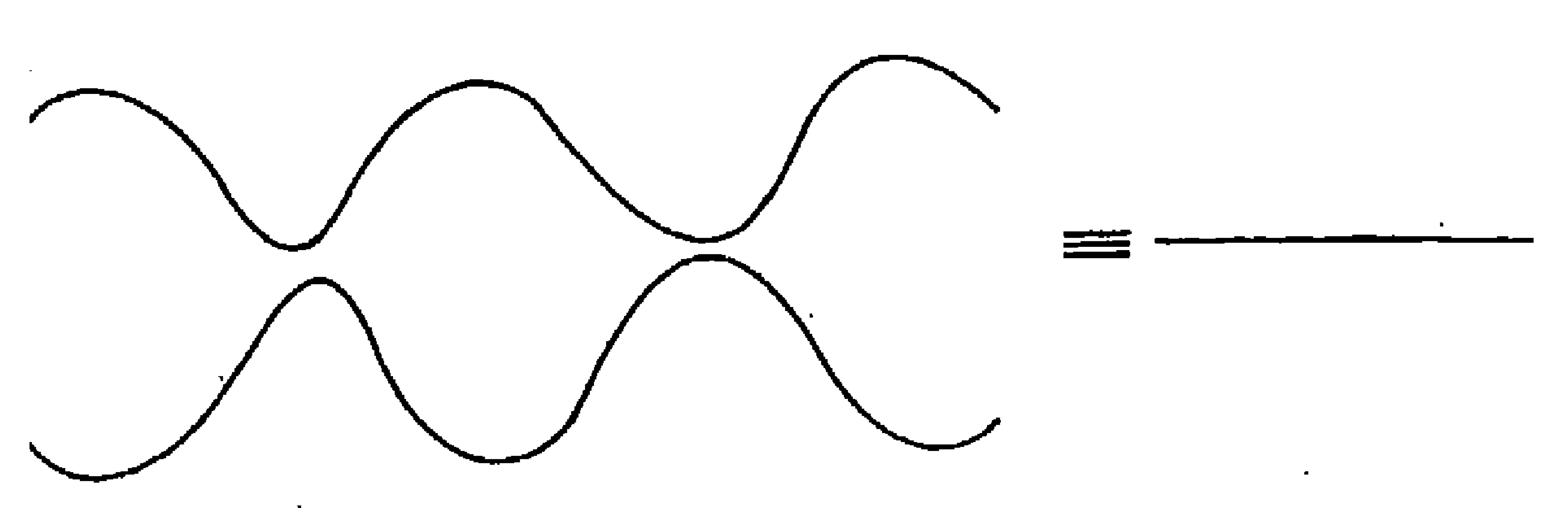
والسؤال الذى نطرحه ، هل هذا الأسلوب هو ذاته الذى تتعامل به كاميرات التصوير الفوتوجرافى ؟ على اساس أن الكاميرا تستقبل جبهة الموجة المنعكسة من الجسم على فيلم حساس ، والإجابة بالطبع لا .. !! ، حيث أن جبهة الموجة تتغير عندما تتغير السعة الموجية والطور الموجى ، والفيلم الحساس (أو أى أجهزة رصد ضوئى) يتأثر بتغيير السعة الموجبة فقط (أى يتأثر بشدة الاستضاءة) ، وليس بالتغيير الطورى للموجة ، وعلى هذا الأساس ، فإن العين الواحدة تتاثر فقط بتغيير السعة الموجية ، مثل الكاميرا تمامًا ، ولكن يوجد اختلاف زمنى بين العينين بحيث يمكن للمخ مقارنة الصورة المرسلة إليه من كل عين

على حدة وترجمتها إلى صورة فى أبعادها الثلاثية ، وبهذه المناسبة ، فقد تم استخدام هذا المبدأ فى عمل الخدع التصويرية فى الأبعاد الثلاثية ، وتم ذلك باستخدام كاميرتين مختلفتين لالتقاط الصور لجسم ما بزوايا مختلفة ، على أساس أن تنظر كل عين على حدة إلى أحد هذه الصور ، والعين الأخرى تنظر إلى الصورة الأخرى التى التقطت بالكاميرا الأخرى ، وفى نفس اللحظة . عندئذ ترى العين الصورة بعد ترجمتها عن طريق المخ فى أبعادها الثلاثية ، كما لو أنها ترى المشهد الحقيقى ، وهذا ما يفعله تكنيك التصوير المجسم عن طريق الهولوجرام وتعنى هنا كلمة هولو أى التفاصيل الكاملة للجسم Holo = Entire .

عملية التصوير المجسم :

ولإجراء عملية التصوير المجسم ، نحتاج إلى جبهتين موجيتين للضوء ، يمكن أن يحدث بينهما تداخل ضوئى ، وفى هذا الشأن يمكن الحصول على هاتين الموجتين ، أحدهما هى جزء من الأشعة الساقطة ، وتسمى جبهة الموجة العينية أو شعاع المرجع Reference Beam والأخرى هى جبهة الموجة المنعكسة من الجسم وتسمى جبهة الموجة الشيئية أو الشعاع الشيئى Objective Beam وعندما تسقط هاتين الموجتين على لوحة الهولوجرام ، فإنه يحدث ما يسمى بالتداخل الضوئى بين الموجتين (**انظر الشكل ١**) ، ويتم تسجيل هدب الاستضاءة التى تتكون من أضواء مضيئة وأخرى مظلمة ، وطبقا لنظرية التداخل الضوئى ، فإن شدة الاستضاءة تزداد ، كلما تقابلت





تداخل موجي إفناء

(الشكل رقم ١) يبين كيفية التداخل الضوئي

الموجتان فى نفس الطور الموجى ويسمى التداخل بناء . أما إذا تقابلت الموجتين بطور موجى مختلف بينهما بمقدار ٩٠ درجة فهذا يعنى أن تنعدم الإضاءة ، ويحدث ما يسمى بالتداخل الهدام ، حيث تفنى الموجة وتتكون منطقة إظلام .

والتصوير المجسم أو الهولوجرام ذاته هو نموذج لمساحات الإضاءة والإظلام ، التى تمثل نموذجا للتداخل الضوئى الناتج عن تقابل جبهتين موجيتين .

من هنا يظهر لنا أهمية الدور الذى يتمثل فى تغيير الطور الموجى للأشعة ، ومن أجل ذلك ، فإن الشرط الأساسى لعمل التصوير المجسم هو أن يكون الضوء متوافقا Coherent فى الطور الموجى لكل من الأشعة المرجعية والشيئية كل على حدة ؛ وهذا بالطبع ما توفره أشعة الليزر بالضبط ، مع الأخذ فى الاعتبار أنه يجب أن تنتقل الشعاعات لمسافات يكون الفرق بين مسارها فى حدود الطول الموجى التوافقى (أى الطول الموجى الذى تظل فيه الموجات الضوئية متوافقة فيما بينها) "Coherence of light" .

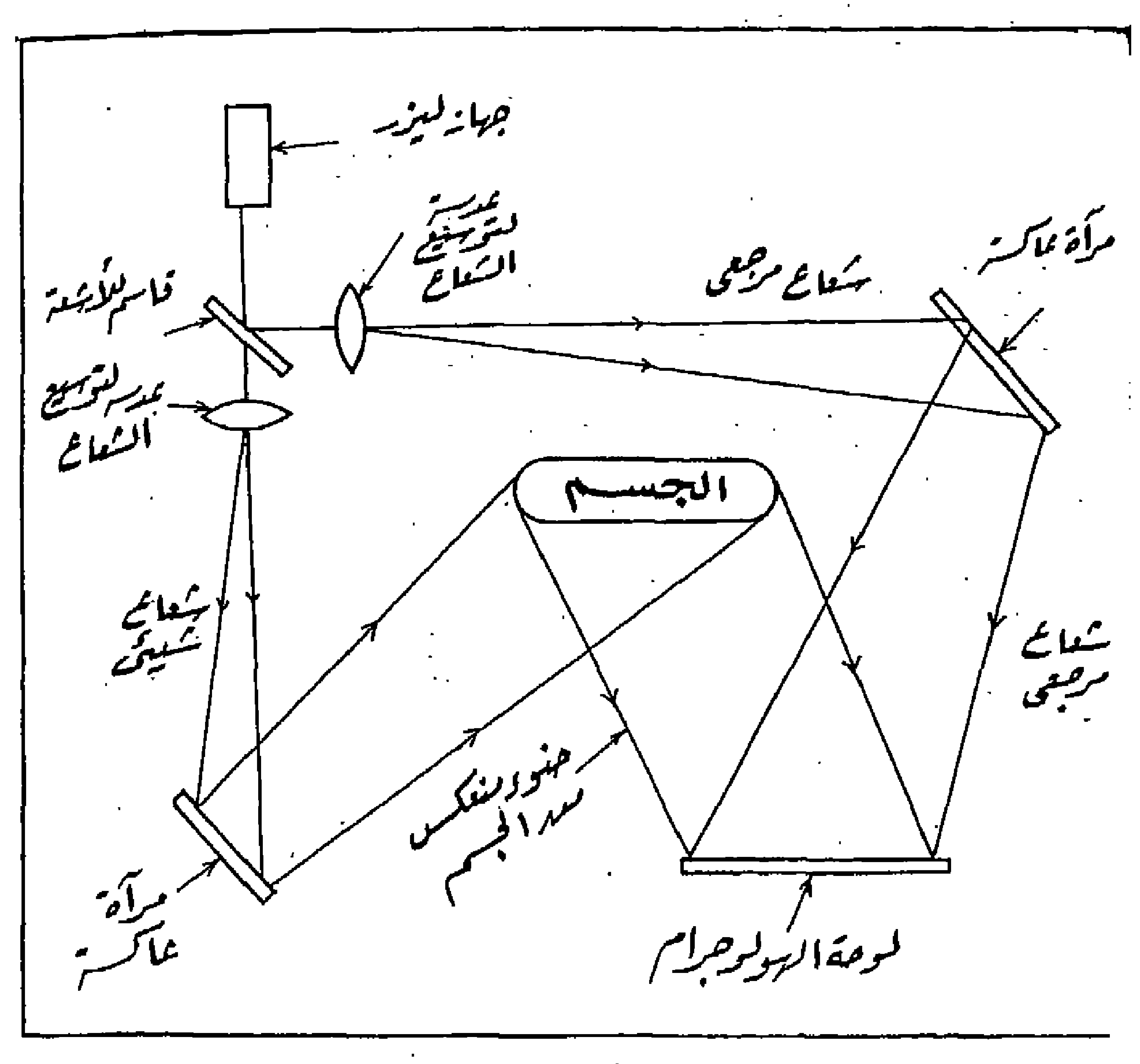
الليزر الغازى :

وعادة يستخدم فى عمليات التصوير المجسم ، جهاز الليزر الغازى الذى يحتوى على خليط من غاز الهيليوم والنيون ، ويتميز هذا الجهاز بأشعته ذات اللون الأحمر لطول موجى مستمر مقداره ٦٣٢٨ أنجستروم وينقسم شعاع الليزر بواسطة مرآة خاصة تسمى « قاسم


الأشعة « "Beam Splitter" إلى شعاعين ، أحدهما هو الشعاع المنعكس من سطح المرآة ويسمى بالشعاع المرجعى "Reference Beam" والآخر هو الشعاع الخارج من المرآة ويسمى بالشعاع الشيئ Objective Beam" (كما هو موضح بالشكل ٢) . ويستخدم عدستان بصريتان لتكبير قطر كل من الشعاعين ، حيث ينعكس الشعاع المرجعى ليسقط على لوحة الهولوجرام ، بينما بسقط الشعاع الشيئ على الجسم تحت التصوير ، الذى بدوره يولد جبهة للموجة ، تنعكس فى اتجاه مضاد لاتجاه سقوط الأشعة الشيئية ، ويتم استقبالها على لوحة الهولوجرام .

ويحدث تداخل ضوئى بين جبهة الموجة الشيئية والأشعة المرجعية ، ويكون التداخل بناء ، كلما كان مسار الأشعة المرجعية تقريبا مساويا لمسار الأشعة الشيئية . وتتكون بذلك صورة للجسم فى أبعادها الثلاثية ، وفى هذا التكنيك يستخدم نوع خاص من الأفلام تكون أكثر حساسية من الأفلام الفوتوغرافية خاصة بالنسبة لامتصاص الأشعة الضوئية فى المدى الطيفى للون الأحمر .

ويمكن استعادة تركيب الصورة المجسمة ، عند إضاءة اللوح الهولوجرامى بحزمة ضوئية ذات تردد وطول موجى مساويا فى ذلك للحزمة الضوئية المرجعية لأشعة الليزر التى استخدمت فى عملية تسجيل الصورة (انظر الشكل ٣) . وعند مرور أشعة الليزر من خلال اللوح الهولوجرامى (المسجل) سيحدث تداخلا مشابها إلى ذلك التداخل الذى حدث أثناء عملية التسجيل ، وينتج عن ذلك



الشكل رقم ٢ : رسم توضيحي لإجراء التصوير المجسم على لوحة الهولوجرام . والفكرة الأساسية تعتمد على التداخل الضوئي بين أشعة المرجع والأشعة الشيئية المنعكسة من الجسم .



حزمة ضوئية لإعادة التكوين
RECONSTRUCTION
OBSERVER
مُشاهد
HOLOGRAM
30 VIRTUAL
IMAGE
HOLOGRAM
صورة وهمية
ذات 30 بعدًا
هولوجرام

الشكل (٣)

صورة وهمية "Virtual Image" مجسمة وتبدو بموقعها خلف اللوحة نسبة إلى المشاهد ، فى الحقيقة ، سوف تتكون صورة حقيقية أمام اللوح الهولوجرامى ، أى عند جانب المشاهد ، ولكنها غير مرئية لأنها صورة متمركزة أو متجمعة "Focused Image" ويمكن مشاهدة الأجزاء المختلفة للصورة عند تحريك الشاشة إلى الأمام والخلف لجلبها إلى منطقة البؤرة "Focal Area" .

قصور :

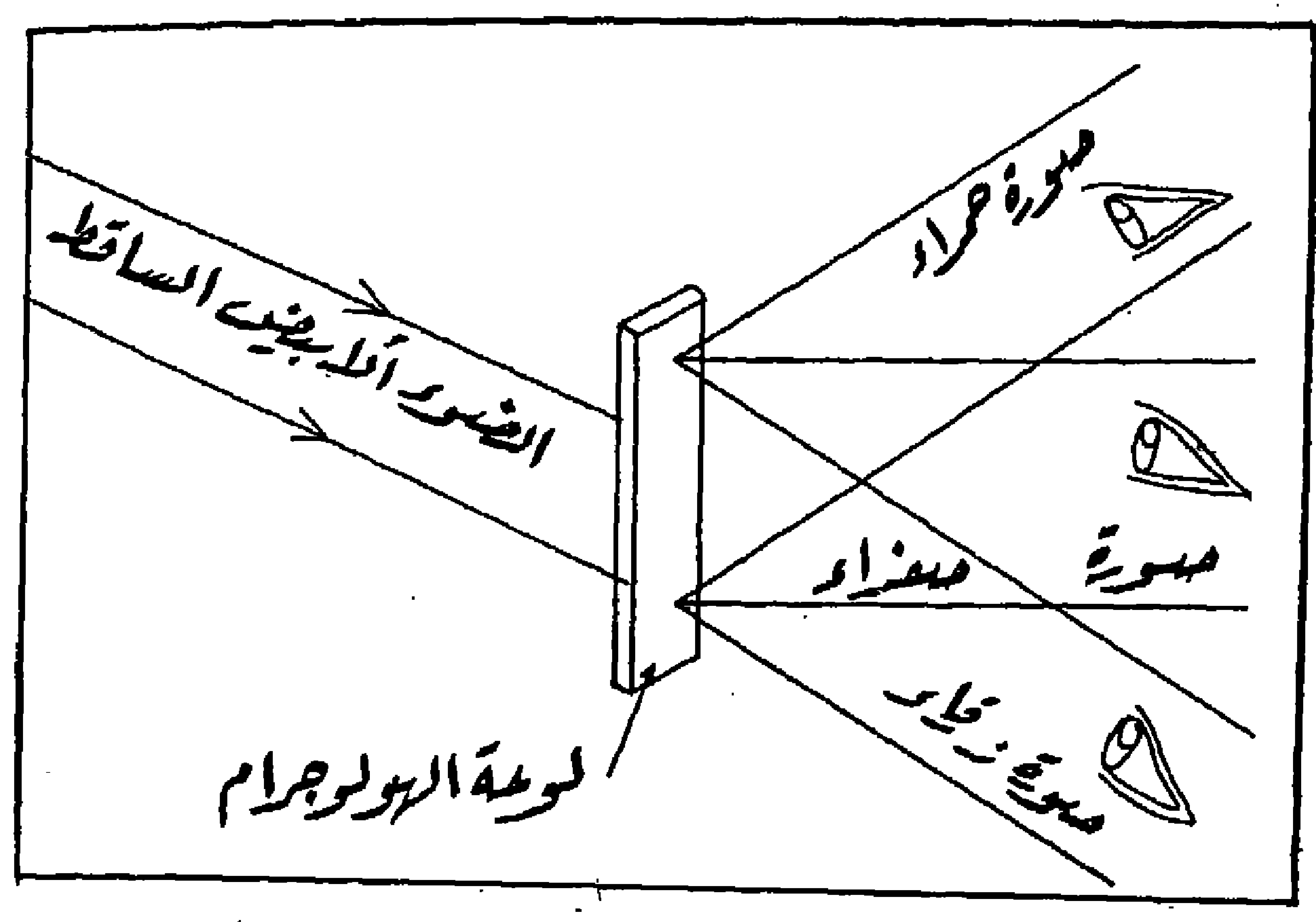
وتعانى الطريقة التى سردناها من قصور رئيسى واحد ، وهو أنها ذات لون واحد ، لأن المصدر الضوئى المستخدم هو الليزر وهو أحادى التردد وأحادى اللون ، وحاليا أصبح بالإمكان الاستعانة بثلاثة حزم ضوئية مرجعية ذات ألوان مختلفة عن بعضها ، وهى الألوان الأساسية : الأحمر والأخضر والأزرق والتى تدخل فى عملية التلوين ، وبالسيطرة على شدة الإضاءة لهذه الحزم الضوئية يمكن الحصول على ضوء ملون مجسم ومماثل بكل تفاصيله للمشهد الأصلى .

والجدير بالذكر ، أن جودة الصورة المجسمة المنتجة بهذه الطريقة ، تتاثر من قبل جسيمات الغبار المترسب على العدسات أو فى الهواء أو وجود بعض الشوائب فى الزجاج المستعمل ، كل هذه العوامل ، تسبب انحرافا أو انحناء للحزمة الضوئية لليزر ، ونظرا لأن ضوء الليزر يكون متوافقا موجيا ، فإن أشكالا غريبة قد تنتج عن ذلك ، وتظهر على الصورة على هيئة بقع مضيئة Speckle light

ويمكن معالجة ذلك لحد ما باستعمال الزجاج الصقيل النقى والتنظيف الدقيق للعدسات ، كما يوجد طرق بصرية أخرى لمنع ظهور هذه البقع الضوئية ، كما أن هناك قيودا هامة للحصول على الألواح الهولوجرامية أهمها : حجم الجسم ، فكلما ازداد حجم الجسم صعب إجراء التصوير لأنه من الصعب تصنيع لوحة كبيرة من الهولوجرام ، هذا بالاضافة إلى أن الجسم الكبير يحتاج إلى إضاءة خاصة ، ويجب أن تكون الأشعة الشيئية متوافقة جميعها فى الطور ، ومازالت الأبحاث جارية للتغلب على هذه المشاكل .

مميزات التصوير المجسم :

ومن مميزات التصوير المجسم أنه يكفى لإضاءة جزء صغير من لوحة الهولوجرام لكى ترى صورة الجسم بوضوح ، ونظرا لأن جبهة الموجة المسجلة على سطح اللوحة الداخلى ، إذا فإن التداخل الضوئى لها يكون مكررا عدة مرات ، وبالتالى يمكن رؤية الصورة من زوايا إبصار مختلفة ، وأيضا يمكن تسجيل أكثر من صورة على لوحة هولوجرامية واحدة ، وذلك باستخدام أكثر من شعاع مرجعى ، مع ملاحظة أن العين ترى صورة واحدة لكل زاوية إبصار ، أما إذا تم إضاءة اللوحة (المسجلة) الهولوجرامية بالضوء الأبيض ، فإنه طبقا لنظرية الحيود الضوئى تنعكس الأشعة بأطوال موجية تعتمد على المادة التى يتكون منها سطح اللوحة ، وبالتالى يمكن للعين أن ترى صورة للجسم بألوان مختلفة طبقا لزاوية الإبصار ، (**كما هو موضح بالشكل ٤**) .



الشكل رقم ٤ : يوضح كيفية تحليل الضوء المنعكس من لوحة الهولوجرام مع تغير زاوية الإبصار

ويستعان حاليا بالتصوير الليزرى المجسم فى كافة المجالات ، فى الصناعة يستخدم فى مجال تصميم نماذج الطائرات والصواريخ والأقمار الصناعية والدوائر الالكترونية ، وفى مجال الإنشاءات يستخدم فى عمل نماذج العقارات ، أما فى المجال الطبى ، فيستخدم فى تصوير الأجزاء الدقيقة بالجسم ، مثل المخ .

وأيضا فى مجال صناعة السينما المجسمة ، وفى تحديد الفرق الصغير فى حجم الأجسام المشابهة وتدقيقها ، حيث أمكن تحديد فروقات فى ابعاد صغيرة مقدارها « ٣٠٠×١٠^{-٦} مليمتر » وقد دخل التصوير المجسم فى منظومات الاحتراس (Security System)، وحاليا تمنح البنوك عملاءها تذكرة الأرصدة بتواقيع أصحابها المجسمة والتى لا يمكن تزويرها بسبب دقة الطريقة الليزرية .

الفصل السادس

الحرب الليزرية الأولى

استخدمت أشعة الليزر لأول مرة فى التاريخ فى حرب تحرير الكويت ، فقد ترتب على غزو القوات العراقية العربية واحتلالها دولة الكويت فى ٢ أغسطس ١٩٩٠ ، إلى العديد من الأحزان والمآسى الإنسانية ، صحبها رد فعل حاسم وسريع على المستوى العربى والعالمى ، وذلك لاستنكار العدوان والمطالبة بالانسحاب الفورى وعودة الشرعية لدولة الكويت ، إلا أن الصلف والعناد العراقى ورفضه لجميع الأعراف والقوانين الدولية محتميًا بذلك بقواته ومعداته العسكرية ، أدى إلى حشد القوات الأمريكية ومعها اثنتان وثلاثون من دول الحلفاء فى مواجهة القوات العراقية المعتدية لردع عدوانهم الغاشم والقضاء على ترسانتهم العسكرية ، التى تهدد أمن العديد من الدول المجاورة .

ومهما كانت الدوافع بين كلا الطرفين لاندلاع هذه الحرب ، فإن تكنولوجيا الحرب الحديثة ، كان لها الفضل الكبير فى حسم المعركة لصالح الحلفاء ، مما أدى إلى تحرير الكويت وفرض نظام أمنى جديد فى المنطقة .

وبناء على التقارير العسكرية التى صدرت خلال المعارك ، فإن حرب تحرير الكويت لم تكن سهلة على الإطلاق ، حيث كانت مساحتها غير محددة بشكل دقيق ، وبالتالى تغيرت معالم المعارك التى دارت من لحظة إلى أخرى ، وكان كل طرف يحاول معرفة وضع القوى المتحاربة بالضبط ، والمقصود بكلمة « وضع » ليس فقط تحديد موقع القوات على الأرض ، بل أيضا تحديد وسائل القوة التى تمتلكها تلك القوات وموقفها الدفاعى والهجومى ، وقد أثبتت حرب الخليج أن عملية جمع المعلومات على درجة كبيرة من الأهمية ، وأصبحت هذه العملية متنوعة ولا تتمثل فقط من المراقبين من البشر بل فى استخدام أجهزة الكشف من كل نوع مثل الرادارات وأجهزة الحرب الألكترونية ، وآلات التصوير المحمولة على عربات خاصة وأيضا بواسطة الأقمار الصناعية .

وعلى ذلك ،فالحرب الحديثة ليست بالضرورة ما تعتمد عليه من أساليب الدمار الشامل مثل الأسلحة النووية والكيميائية والبيولوجية ، بل هى الحرب التى تعتمد أساسًا على محدودية المكان .

ومن الملاحظ أنه خلال الحرب العالمية الثانية ، استخدمت الدول المشتركة فى المعارك العديد من الأسلحة والقذائف بجميع أنواع القوات المسلحة البرية والجوية والبحرية وأيضا وسائل الدفاع الجوى الخاصة بها ، مما زاد من الإصابة والطاقة التدميرية .

كل ذلك جعل ليس بالضرورى الاعتماد على القوات البرية التى تتسلح أساسًا على شجاعة الجندى وما يملكه من سلاح ، بل أن دور القوات الجوية والصاروخية القصيرة والبعيدة المدى شديد الأثر فى « تقليص » حشد هذه القوات البرية ، وأصبحت السيطرة الميدانية الجوية على هذه القوات ، قادرة على الحد من تقدمها واحتلالها مواقع جديدة .

وتكنولوجيا الحرب الحديثة ، تعتمد أساسًا على التقدم العلمى المتمثل فى تسخير الفهم الدقيق للظواهر الفيزيائية للمواد مما أدى إلى اكتشاف الخصائص المميزة للضوء وابتكار أجهزة تتولد عنها أشعة مميزة سميت « بأشعة الليزر » وأيضا ابتكار دوائر كهربائية دقيقة وفهم خصائصها الكهربائية والضوئية (الكهروضوئية) ، بحيث أمكن استقبال تلك الدوائر الألكترونية للنبضات الضوئية الليزرية وترجمتها إلى شفرات فنية ؛ وقد احتل الليزر والألكترونيات الدقيقة مكانة بارزة لدى قادة الجيوش خاصة المسئولين عن قطاع التسليح فى العديد من الدول .

أنواع أسلحة الليزر :

وأسلحة الليزر مثل أى سلاح عامل فى القوات المسلحة لها نوعان :

١ — سلاح الليزر التكتيكى : وهو مصمم على إعطاء أكبر قدر من الامتيازات أثناء المعارك .

٢ – سلاح الليزر الاستراتيجى : ويستخدم قبل أن تبدأ المعارك ، وفى الحقيقة الهدف منه التأثير على العدو بإقناعه بعدم الجدوى فى استمرار الحرب نظرًا للخسائر التى قد يصاب بها .

والجدير بالذكر أن الولايات المتحدة الأمريكية قد اعتمدت على سلاح الليزر الاستراتيجى أثناء الحرب الباردة فى تأكيد تفوقها وريادتها فى مجالات العلم والتكنولوجيا العالية على القوى العالمية الأخرى ، على سبيل المثال ارتكزت خطة الحرب الفضائية على إمكانية زرع قاعدة الليزر فى الفضاء ، بحيث يتكون شبكة من الأشعة الليزرية يمكنها التصدى وتدمير الصواريخ عابرة القارات ذات الرءوس النووية وهى فى السماء .

ومنذ عام ١٩٧٠ ،تم عمل برامج لتحديث أفرع القوات المسلحة فى العديد من الجيوش فى الدول الكبرى بأسلحة الليزر التكتيكية ، وهنالك أمران يجب تحقيقهما عند استعمال أسلحة الليزر التكتيكية بغية ضمان التصميم ، أولهما دقة تسديد حزمة ضيقة كحزمة الليزر ، والمسألة الثانية هى تحقيق التركيز أو اللم المؤثر للحزمة الضوئية عبر المدى البعيد ، وقد أمكن تصنيع بندقية ليزرية من مولد ليزر النيودميوم الزجاجى ، لقد استعملت هذه البندقية فى المراحل الأولى لأغراض التدريب والمناورة ، وقد تم إجراء بعض التعديلات الفنية لاستخدام هذه البندقية فى التسديد ، فمقدور هذه البندقية عند استعمال الضوء

الليزرى أن يفقد الجندى القدرة على الأبصار ، مما يجعل الجنود فى حالة اضطراب وتشتت ، هذا بالإضافة إلى إمكانية تسديد نبضات الليزر ذات الطاقة العالية ، بحيث تدمر الدبابات والعجلات العسكرية ، ومن مميزات هذا السلاح الليزرى أن تشغيله غير مصطحب بصوت ولذلك يصبح من الصعب اكتشاف موقع المسدد ، ومن الطبيعى أن سلاحًا كهذا ، يجب أن يكون خفيفا ومعقولا بأبعاده الحجمية كى يحمل بسهولة .

وقد تم تطوير بعض أسلحة فى العجلات المدرعة لتوجيه المقذوفات الموجهة بالليزر وتسمى بالقنابل الذكية "Smart Bombs" .

هذا بالإضافة إلى اهتمام القوات الجوية بالعديد من الدول المتقدمة وبصفة خاصة بتطوير أسلحة الليزر التكتيكية ، مما أدى إلى ابتكار أنواع عديدة من أسلحة الليزر تستخدم فى تدمير صواريخ جو – جو بسهولة تامة ، حيث يركب جهاز ليزر ذو طاقة عالية (مثل ليزر ثانى أكسيد الكربون الذى يعمل فى مدى الأشعة تحت الحمراء) داخل طائرات البوينج ٧٠٧ أو طائرات ب ٥٢ ، وتنطلق أشعة الليزر من فتحات خاصة وفى تماثل ، بحيث تغطى مساحة فضائية محددة (وذلك باستخدام مركبات بصرية خاصة) ، ويمكن لهذه الأشعة اختراق الصواريخ وتدميرها بالفعل الحرارى الذى يتولد عنها .

يضاف إلى ما سلف ذكره استعمال الليزر فى أجهزة التحكم فى ضبط الهوائيات لمرسلات ومستقبلات الموجات الخاصة

بالاتصالات السلكية واللاسلكية ، كما يؤدى الليزر خدمات أخرى فى المجال العسكرى وهى فى محور الاتصالات والرادار ومنظومة الاحتراس .

وفى برامج الدفاع الخاصة بالحلف الأطلنطى ، نشر فى السنوات الماضية عدد من البحوث الخاصة عن تطوير أسلحة الليزر التكتيكية ، ومنها الليزر الكيميائى الذى يعتمد فى تشغيله على الخلط بين غازى الهيدروجين والفلورين ويسمى هذا الجهاز ميراكل "MIRACL" وهو مشتق من المصطلح الإنجليزى : "Mid Infra Red Advanced Chemical Laser" ويستخدم هذا الجهاز فى حماية البواخر والمركبات الأخرى ضد أى هجوم بالطائرات أو بالصواريخ المضادة .

هذا بالإضافة إلى العديد من أنواع الليزر التى تعمل داخل الغواصات والتى تستخدم فى إصابة الطائرات والقاذفات المغيرة ، بغرض إحداث أكبر قدر من التلفيات للعدو خاصة فى المعدات باهظة التكاليف ، وهذا بالطبع يؤثر على سير المعارك .

ولعلنا استمعنا من إحدى وكالات الأنباء أثناء معركة تحرير الكويت خبرًا عن استخدام هذه التقنية فى الحرب الدائرة عن طريق إرسال طائرات مزودة بمعدات الليزر المتقدمة والتى يمكن استخدامها

فى مساعدة الطائرات لتحديد أهدافها .

كل ذلك جعلنا نقول : إن حرب الخليج الثانية التى وصفت بأنها الحرب الكوكبية الأولى ، لاجتماع أغلبية البشر على هدف واحد وهو تحرير الكويت ، هى فى نفس الوقت الحرب الليزرية الأولى ، والتى استخدم فيها الليزر فى حسم نتائج المعركة ، ونرجو أن تكون الحرب الليزرية الأخيرة لتبقى استخدامات الليزر النافعة والمفيدة هى الأساس وهى استخدامات كثيرة .. كثيرة .

المراجع

١ – أشعة الليزر والحياة المعاصرة

تأليف د . محمد زكى عويس .

الناشر : الهيئة المصرية العامة للكتاب عام ١٩٩٠ .

٢ – الجزء الأول من كتاب « استخدام الليزر فى التطبيقات الهندسية »

تأليف د . محمد زكى عويس .

الناشر : وحدة تنسيق العلاقات الخارجية بأمانة المجلس الأعلى للجامعات عام ١٩٨٧ .

٣ – كتاب تطبيقات الليزر فى مصر ١٩٨٨

إحدى مشاريع الترابط بوحدة تنسيق العلاقات الخارجية بأمانة المجلس الأعلى للجامعات المصرية ، الباحث الرئيسى ، د . محمد زكى عويس .

٤ – فيزياء ونظم وتكنولوجيا الليزر

الناشر : معهد الدراسات العليا لحلف الأطلنطى عام ١٩٨٢

– تأليف :

W. J. Firtha and R. G. Harrison Heriot - Watt University, Edinburgh, Scotland .

٥ – الليزرات

تأليف : Anthony Siegman, Oxford University Press 1986 .

٦ – الألياف البصرية

تأليف : Christian Hentschel, Hewlett - Packard GmbH, Germany 1988 .

٧ – موسوعة الليزرات والتكنولوجيا البصرية

Robert A. Meyers, Academic Press, Inc. 1991 .

الفهرست

الموضوع	الصفحة
مقدمة	٥
الفصل الأول :	
أشعة الليزر وخصائصها المميزة	١٣
الفصل الثانى :	
أشعة الليزر ومعجزاتها العلمية	٢٧
الفصل الثالث :	
تطبيقات أشعة الليزر فى مجال الطاقة	٤٧
الفصل الرابع :	
أشعة الليزر وتكنولوجيا الاتصالات	٦١
الفصل الخامس :	
أشعة الليزر والتصوير المجسّم	٨٧
الفصل السادس :	
الحرب الليزرية الأولى	١٠١

المؤلف فى سطور

– يشغل حاليا وظيفة أستاذ مساعد بقسم الفيزياء – كلي
العلوم – جامعة القاهرة .

– حاصل على درجة البكالوريوس فى الفيزياء عام ١٩٧٣ م
من كلية العلوم – جامعة القاهرة .

– حاصل على درجة الماجستير فى الفيزياء عام ١٩٧٨ م من كل
العلوم – جامعة القاهرة .

– حاصل على درجة الدكتوراة فى أطياف الليزر عام ١٩٨١
من جامعة امستردام الحرة – بهولندا .

– حاصل على درجة الدكتوراة فى فلسفة فى أطياف الليزر عا
١٩٨٥ م من جامعة أمستردام الحرة – بهولندا .

– حاصل على دورات تدريبية فى كل من الفيزياء الفلكية عا
١٩٧٨ بمعهد الأرصاد – بمدينة ترسيتا بإيطاليا وأيضا تكنولوج
الليزر عام ١٩٨٢ ، بمعهد الدراسات العليا لحلف شمال الأطلنطي
(الناتو) – بمدينة أدنبره – اسكوتلاندا .

- اشترك فى العديد من المهمات العلمية والمؤتمرات الدولية عن استخدام تكنولوجيا الليزر .

- أنشأ معمل أطياف الليزر بقسم الفيزياء - كلية العلوم ، جامعة القاهرة عام ١٩٨٦ بالتعاون مع وزارة التعليم العالى والبحوث الهولندية وجامعة أمستردام بهولندا .

- له العديد من المؤلفات فى مجال أطياف الليزر فى المجلات العالمية .

- عضو الجمعيات العلمية المصرية الفيزيائية الرياضية وفيزياء الجوامد ، كذلك عضو الجمعية العلمية للمجموعة الأوروبية للأطياف الذرية .

- حاليا معار أستاذ مشارك بجامعة أم القرى بالمملكة العربية السعودية .

اقرأ

سلسلة ثقافية شهرية تصدرها دار المعارف منذ عام ١٩٤٣ ، مساهمة منها فى نشر الثقافة والعلوم والمعرفة بين قراء العربية صدر منها حتى الآن أكثر من ستمائة عدد لكبار الكتاب منها :

■ قاهريات مملوكية
أ . جمال الغيطانى

■ إنى صاعدة
أ . حلمى سلام

■ صور من قريب
أ . حسن فؤاد

■ الوراثة والجنس
د . عبد الحليم منتصر

■ جميل بثينة
أ . عباس محمود العقاد

■ صوت أبى العلاء
د . طه حسين

■ العشاق الثلاثة
د . زكى مبارك

■ الهرمونات
د . محمد رشاد الطوبى

■ منهج الشيخ الشعراوى لإصلاح المجتمع
أ . إبراهيم عبد العزيز

■ يوميات امرأة عاملة
أ . إقبال بركة

■ طغاة التاريخ
أ . محمود متولى

■ ماذا نأكل ولماذا ؟
د . ممتاز الجندى

■ الشباب المسلم وقضاياه المعاصرة
د . عبد الله شحاتة

■ القصة فى القرآن الكريم
د . محمد سيد طنطاوى

■ ثم غربت الشمس
د . سهير القلماوى

■ قصة العقاقير
د . محمود محمد سلامة

العدد القادم

البحر .. فضاؤنا الداخلى
أ . رجب سعد السيد

رقم الإيداع		١٩٩٦/٤٠٤٥
الترقيم الدولى	977 – 02 – 5248 – 4	ISBN

١ / ٩٦ / ٥

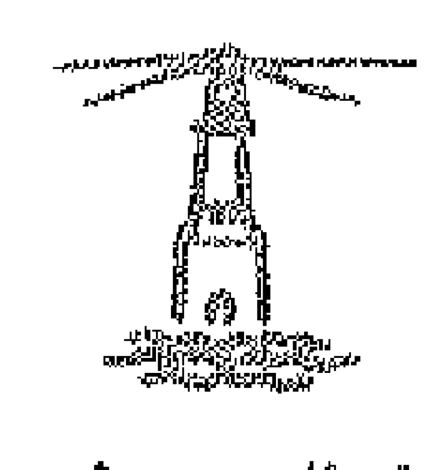
طبع بمطابع دار المعارف (ج.م.ع.)

لم يعد الرهان على القوة الاقتصادية .
لكن الرهان الآن أصبح على من يسبق من في امتلاك التكنولوجيا ، في سبيل ذلك قد تنشأ الصراعات القادمة ! سواء فيما بين دول العالم الأول ، أو بين العالم الأول كله في مواجهة العالم الثاني والثالث !!

الكاتب يدق أجراس الخطر من خلال ما يمكن أن تمثله تكنولوجيا الليزر في الحرب وفي السلام .

منبها إلى ضرورة إنشاء « مركز عربي لتكنولوجيا الليزر » .

ومحذرا من خطورة النقوص عن امتلاك هذه التكنولوجيا .



دار المعارف